

SCS2D 文件

ZONGE 数据处理

二维平滑模拟 CSAMT 反演

文本 3.00

汪光昭先生翻译

北京桔灯导航公司编录

SCOTT MacInnes 主编

Mykle Raymond 编写

2006 年 3 月

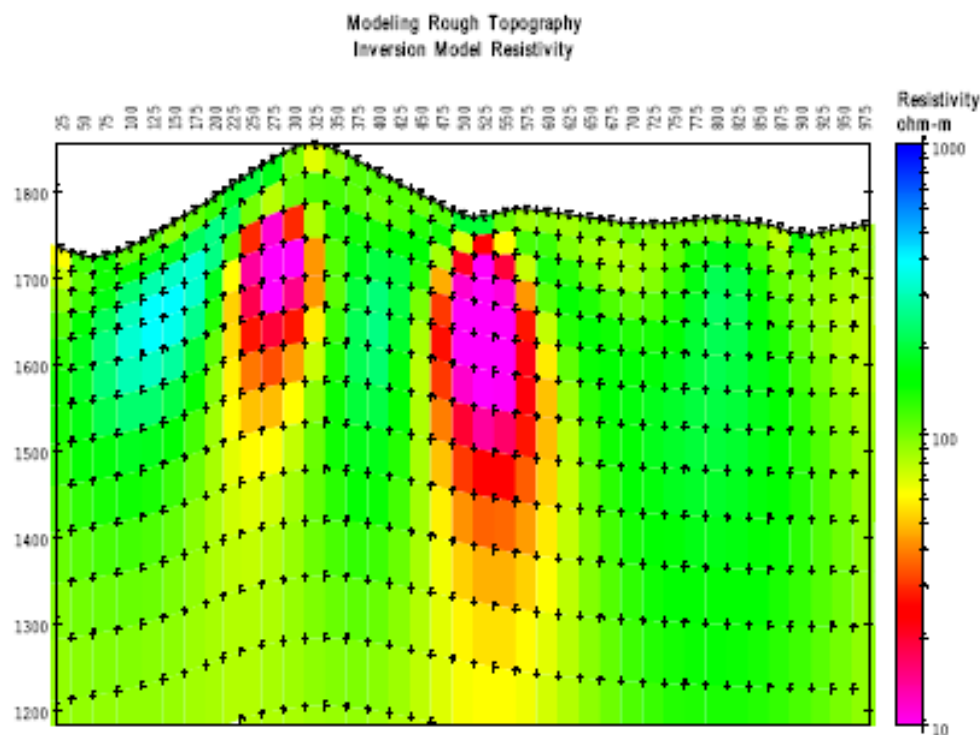
目录

引言.....	2
安装.....	3
最低硬件配置	3
安装程序	3
SETUP32	5
程序应用.....	7
概述	7
典型 SCS2D 数据处理顺序	9
反演准则	9
SCS2D 菜单结构轮廓.....	11
菜单选择.....	13
新模拟选择	13
浏览评价数据菜单选择	19
一维 CS/NS 反演菜单选择	20
二维 NS 反演菜单选择	20
编辑梯度约束	24
自动尖锐化 (sharpen) 约束	26
反演长测线	27
RSCS2D 指令线参数.....	28
利用 MODSRCT 图示模拟断面.....	29
利用 SCS2D 正演模拟.....	29
参考文献.....	32
附录 A: 数据文件格式文件	34
*.MDE 文件格式 (侧线注释, 测量配置和数据处理)	34
*.STN 文件格式 (测点位置与高度)	36
*.AVG 文件格式 (由 AMTAVG 或 NSAVG 平均的 GDP (SAMT 或 AMT 数据) ...	37
*.Z 文件——用 ZPLOT 绘制 CSAMT 模拟断面图示.....	38
附录 B: SCS2D 文件格式文件.....	41
*.MTM 文件格式 (测量配置, 反演控制和模拟断面)	41
*.MTD 文件格式 (观测与计算视电阻率和阻抗相位数据)	43

引言

平滑模拟反演是将远场 CSAMT 或天然源 AMT 数据反演为电阻率模拟断面的优良方法。SCS2D 反演来源于测深测线的观测视电阻率和阻抗相位数据，以确定模拟断面电阻率。不论 TM 模式数据，TE 模式数据还是两者兼之，都可反演。为启动反演，模拟断面通常由视电阻率数据的移动平均或一维平滑模拟反演断面，给出一个背景电阻率。如果有钻孔或地质图信息可用，特殊地质结构也可添加在背景模拟上，反演期间，模拟断面像素电阻率是反复调节的，直到计算视电阻率和阻抗相位尽可能紧密的与观测数据拟合并考虑模拟约束条件。模拟约束包括背景模拟约束（约束反演模拟与表示已知地质因素的背景模拟断面之间的差别）与平滑约束（限制像素——像素的电阻率变化）。为计算给出模拟断面的视电阻率和阻抗相位，SCS 采用二维有限元算法计算远场 CSAMT 与 MT 数据。对于从小于 0.01Hz 到 10KHz 的频率范围，无论标量，向量或张量测量配置，TM 或 TE 模式数据都可以计算。

将视电阻率和阻抗相位反演为平滑模拟断面，是一种表现 CSAMT 和 AMT 测量中固有信息的有效途径。因为平滑模拟反演不需要有关地质结构的任何先验信息，观测数据是自动地转换为提供地下图像的电阻率模拟断面的。用平滑度约束产生的模拟断面，是对综合特定地质模拟的专业化反演的一种补充。



SCS2D 利用按线分组数据，每一数据文件一条线。观测数据是在宽带频率上测量的 TM 和/或 TE 模式视电阻率和阻抗相位，SCS2D 模拟断面通常垂直于走向，但也可以相对野外网格坐标任意夹角定向。测线位置用网格东、

网格北和高度坐标指定。、距离特定为米、公里、英尺或千英尺，而方位则又网格北顺时针旋转角度给出。SCS2D V3.10 局限于模拟远场数据，但未来版本将包括近场，接地电双极和水平回线发送天线的可控源计算。

安装

最低硬件配置

SCS2D 在利用 MS Windows 并有配置高色（16 或 32 比特）模式成图设备的 PC 机上运行

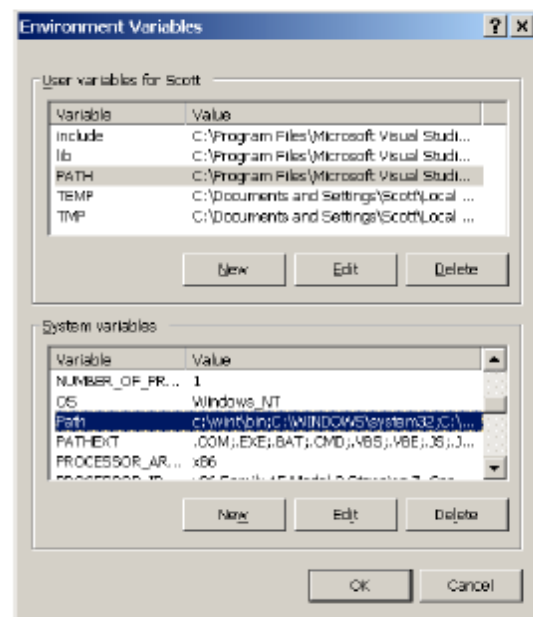
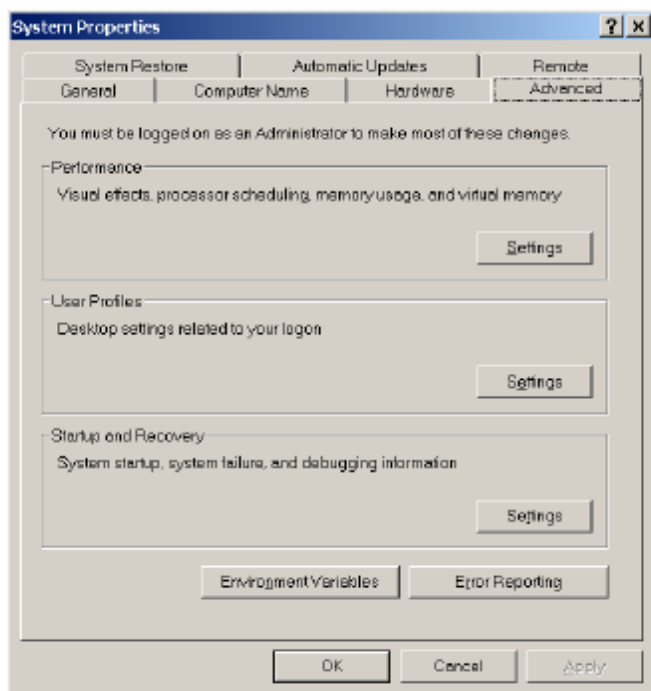
安装程序

每一 SCS2D 程序配送拷贝，可以安装在一台以上的计算机上，但它须与 MS Windows 兼容的并接或 USB 端口硬件锁或“软件狗”配用，安装文件的副本是免费的，但它仅在具有有效软件注册时才能起作用，一旦 SCS2D 和硬件锁软件安装之后，软件狗可由一台计算机移向另一台，但只有关断计算机和打印机电源才能撤除和添加。

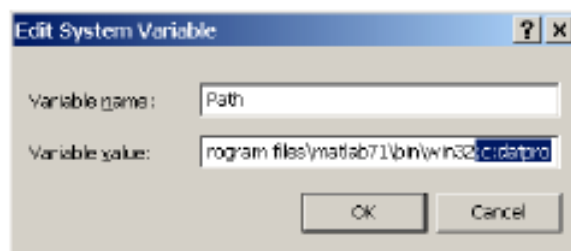
安装程序与样本数据文件

SETUP 程序提供安装 SCS2D 程序对应的硬驱。SETUP 复制文件到硬驱，并拉开（Unzip）它们，但对操作系统文件不做任何改变。SETUP 容许移动程序文件组合从配送 CD 到目标硬驱目录。将模拟程序从 CD 输进计算机上操作系统路径（如 C: \datpro）的单一目录，通常很容易。利用单一目录缩短路径环境变量的长度，后者有高达 256 个字符的上限。

通过 Start | Settings | Control Panel | System（启动|调节|控制板|系统），将引出一个系统特性对话框，可以浏览操作系统路径。选择 Advanced tab（先进制表），然后点击 Environment Variables（环境变量）钮。



涂亮环境变量对话框，系统变量栏中的 Path（路径）变量，然后点击 Edit（编辑）按钮。



然后，可浏览评价已包含在操作系统路径的目录，如果必要还可增加一条前面已涂亮的诸如 C: \datpro。路径目录输入是用分号符（即“;”分隔的，点击 OK 按钮，按你的方式工作，退出操作系统配置对话框。

安装后，SCS2D 可由指令线，由起始菜单或产生一个 Windows 台面 SCS2D 简捷系统运行。

安装之后，目标子系统将有下列文件：

SCS2D 程序文件：

SCS2D.EXE——模拟建立，编辑和浏览评价

RSCSID.EXE——天然源或可控源一维平滑模拟反演

RSCS2D.EXE——天然源或远场二维平滑模拟反演

SCS2DREG.EXE——注册程序

SETUP32.EXE——为硬件锁安装驱动

样本数据文件可以从配送 CD 单独复制。

样本数据文件：

SCSDEMO.MDE——Zonge 数据处理控制与图示注释。

SCSDEMO.STN——表列格式的测点网格坐标。

SCSDEMO.AVG——表列格式的平均野外数据与评估误差。

SCSDEMO.ZCR——Zonge ZPLOT 图示格式的平均野外数据。

SCSDEMO.MTM——SCS2D 反演控制和模拟断面文件。

SCSDEMO.MTD——SCS2D 观测与计算数据文件。

注意，样本数据文件必须可读/写。从 CD—ROM 配送的，试验数据文件可能需要其特性由单纯能读修改到可读/写，复制 SAmPLES（样本）目录到硬驱右击目录名称，选择 properties（特性），点击 Read—only（仅能读）到清理 clear，然后点击 Apply（应用），在确认特性变化（conform Attribute change）窗中，选择 Apply（应用）变化到此文件夹，子文件夹和文件，然后点击 OK。

安装硬件锁

为了在 MS Windows 系统上运行 SCS2D 的特许拷贝，需要并接端口或 USB 硬件锁（软件狗）。安装 SCS2D 硬件锁注册系统需要附加的配置步骤。如果你的程序与 USB 硬件锁配在一起，则将它插入你的计算机上有效的 USB 端口。

如果你的程序与并接端口硬件锁一道配用，则关断计算机和打印机电源去安装它。对并接端口软件狗，从计算机背面拨开打印机电缆并将硬件锁插入计算机 25 芯并接端口。然后将并接打印机电缆以借道方式插入硬件锁。实现并接端口软件狗功能，不必实际安装打印机，如果已经连接了打印机则运行 SCS2D 时，它必须接通并且在线。如果有多个并接端口，采用哪一个都不会有差别。

注意，必须确认硬件锁标有“computer”（计算机）的一端是与计算机并接端口相连接的，反向插入硬件锁，可能损坏硬件锁，并接端口或者二者同时损坏。

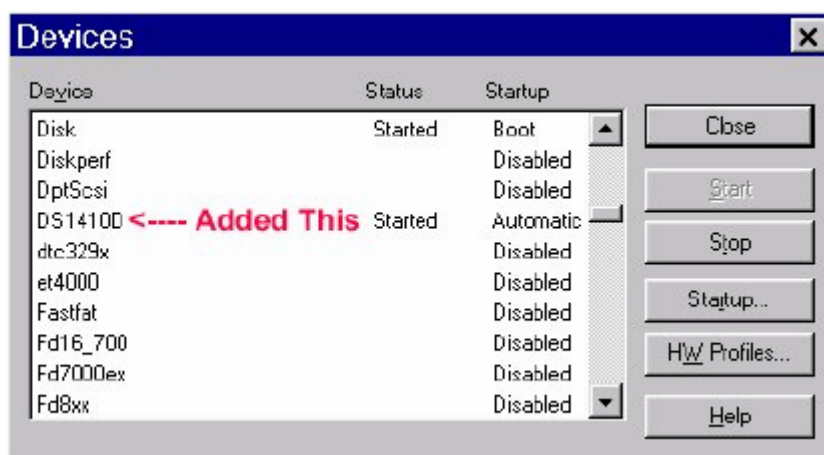
SETUP32

安装驱动容许硬件锁软件存取 USB 或并接端口时，需要执行 CD—ROM。MODELING（模拟）目录中的 SETUP32.EXE 程序。驱动文件是置入计算机驱动目录的 DS1410.SYS。再引导后，你将看到这一驱动列在“Devices”（设备）（START | Settings | Control Panel | Devices）之中。计算机引导时，这一驱动是自动启动的。

在 Windows XP 中，显示此驱动需稍费周折。利用 START | Settings | Control Panel | System。（启动 | 调节 | 控制板）系统。在硬件标记上，选择 Device Manager（设备管理）。在浏览（View）菜单上，可以显示 Hidden Devices（隐式设备）（这一选择可能不显示，取决于用户名称的特许有效性）。打开 NON—plug（未插入）和 Play Driver（给以驱动）。点击 DS1410D 项并选择 properties（特性）。在 Driver tab（驱动标记）上，选择 Driver Details（驱动细则），驱动文件的路径名称将被显示。名称 AZTECH 和 EVERKEY 在驱动文件内是不用的。



执行程序SETUP32，然后重新引导PC机。重新引导后“Devices”的清单表将包含新驱动，DS1410D。如果有USB软件狗插入，LED（发光二极管）将闪亮。安装SETUP32及重新引导后，LED将稳定发亮。



执行从scs2d硬盘目录来的SCS2DREG，以检验软件注册。你应当看不到任何响应或错误信息。

每次RSCS1D或RSCS2D初始化，都要完成软件注册。这两个程序调用（呼叫）SCS2DREG以检验有效的软件注册并搜寻适合的硬件链。

SCS2D创建新模拟并可快速评价与编辑反演模拟断面。籍助于调节色彩级别及容许缩放模拟细节，它提供模拟断面图示选择。SCS2D可将模拟断面图示存储于Windows源文件，计算机图示源文件，原本或Zonge ZPLOT文件以便日后传送至报告文件，为了SCS2D应用，Windows成图显示应调节到16或32比特“高色”或“真色”。

为了更多的完成模拟断面图示，程序MODSECT及其相关文件可被用于图示模拟断面。MODSECT在屏幕上显示模拟断面并可图输至Windows源文件，Oasis Montage书写文本，控制和数据文件，或者为Sufer V7.0或V8.0写文字和数据文件。MODSET文件详述了其硬盘图示选择。为安装MODSECT从CD—ROM MODSECT目录复制文件到你的硬驱，输入相同目录保存的SCS2D文件。

程序应用

概述

SCS2D是将远场CSAMT或AMT数据反演为平滑变化模拟断面的系列程序。利用SCS2D产生与编辑模型，而RSCS1D和RSCS2D则进行反演的精确数字工作。RSCS1D利用每一测深点下的一维模拟将天然场或可控源数据反演为平滑模拟断面。应用二维正演模拟，RSCS2D反演天然源或远场可控源数据。通过带有以指令线参数通过的文件名称的ASCII文本文件，SCS2D，RSCS1D和 RSCS2D间的信息可相互交换。通过文本编，SCS2D数据和模拟文件可直接改变。但使用建造SCS2D中的交互功能，编辑将更容易。各特定数据系统产生的全部文件，都将给出相同的文件名称词干，并带有用于表示文件类型的文件名称扩展。测量配置，反演控制与模拟断面信息，被置于带扩展R*.MTM的文件之中，观测与计算数据则存储于带扩展*.MTD的文件中。

SCS2D的New（新）模拟选择阅读来自*.AVG，*.Z或*.MTD文件的野外数据。

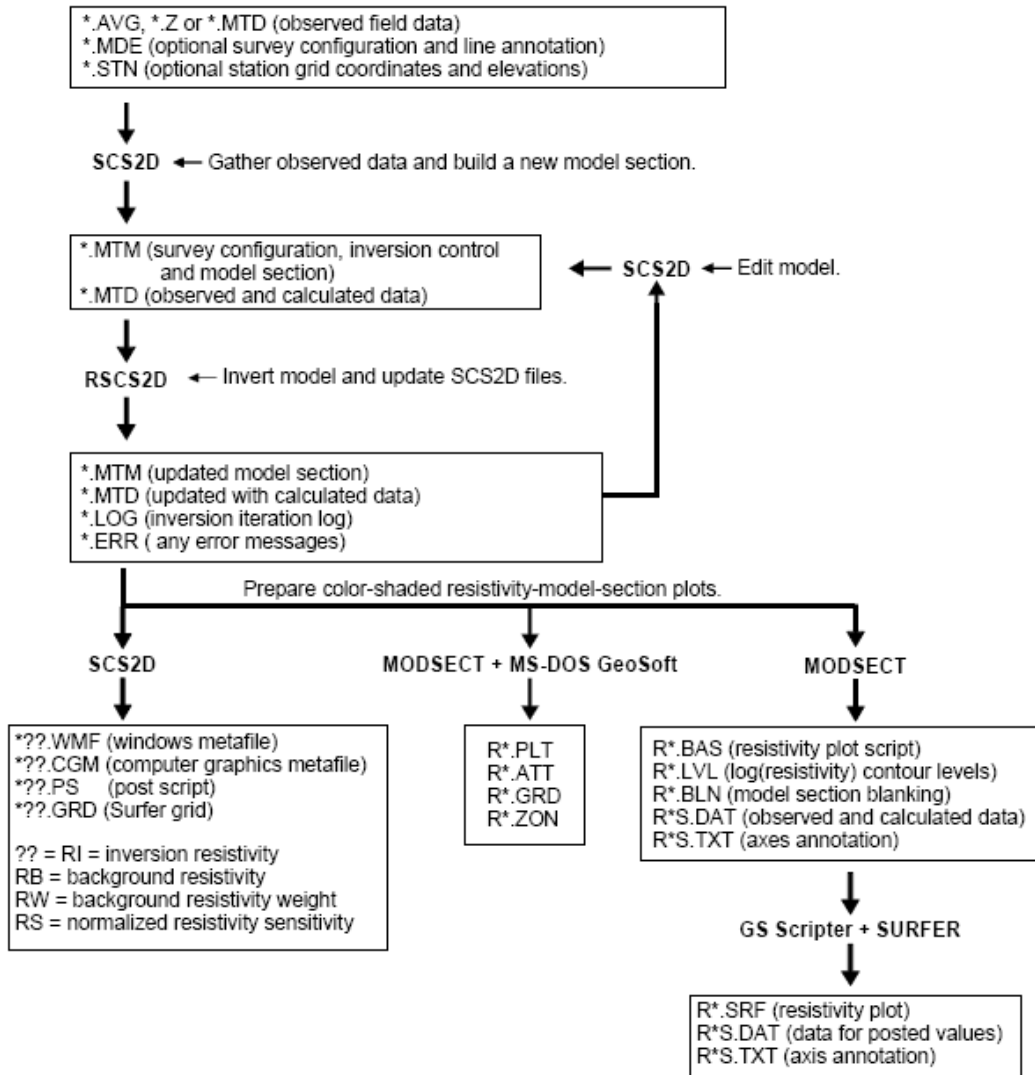
.AVG比.Z文件更可取，因为它们包含了测量误差评估。如果你开始采用的野外数据不被SCS2D识别，*.MTD文件是最容易由数据表（Spreadsheet）产生的。测量配置和注释信息，诸如测线编号，测点间隔，和发送双极位置，长度和定向是从选择性Zonge格式*.MDE文件读取的。SCS2D还收录选择性*.STN文件，以收集地形剖面信息，如果*.STN文件可用，SCS2D将沿平坦模拟断面顶部，将高度调节为0，观测视电阻率值经平均，用一均匀电阻率产生起始和背景模拟。建立新模拟断面后，SCS2D写出*.MTM和*.MTD文件作为对核心反演程序RSCS2D.EXE的输入。二维平滑模拟反演是用核心反演程序RSCS2D计算的，RSCS2D阅读*.MTM和*.MTD文件，修改反演模拟断面，以改善观测和计算数据之间的拟合。然后在它完成后更新*.MTM和*.MTD文件。RSCS2D还对*.LOG文件写出反演重复信息，对屏幕和*.ERR文件给出任何误差信息，为反演一条测线，RSCS2D可通过选定Invert（反演）菜单选择从SCS2D中直接调用。作为变通，一组测线可通过每条测线最初产生的SCS2D文件依次反演，然后用包含指令“Start/w rscs2d Line1”，“Start rscs2d Line2等（对每一测线）的批文件驱动RSCS2D，批文件完成后，*.LOG文件可被浏览评价，看看反演进行效果如何。

反演后模拟端面可立即通过SCS2D浏览评估。它包括细节缩放，改变着色界限以及编辑模拟特性等方面的选择，在任何点上，现存模拟断面都可以通过Windows打印管理系统打印出来，或者存储到Windows源文件（*.WMF），计算机成图源文件（*.PS），Zonge ZPLOT（*.ZMD）文件中，以便日后传送至报告文本或其他成图系统。

利用MODSECT输出Windows源文件。驱动MS—DOS版本Geosoft绘图程序或书写SuferV6文本和数据，可能更多更快的完成模拟断面图示。

所有SCS2D程序都可由Windows Start|Run（启动|运行）菜单，由台面简捷系统由指令线或批文件运行。为允许批文件操作运行，RSCS1D和RSCS2D将在指令线上搜寻输入文件名称，如果指令线是空的，它们会显示“Open File”（打开文件）对话框，列出现存工作目录中全部SCS2D模拟文件。

典型 SCS2D 数据处理顺序



反演准则

RSCS1D和RSCS2D力图同时使观测与计算数据间差值，背景与反演模拟间的差异以及反演—模拟粗糙度最小化。它利用均方根（RMS）误差标准，测评欠拟合度（misfit），偏离原背景模拟的距离和模拟粗糙度

$$\epsilon_{\text{total}} = \sqrt{\frac{\epsilon_{\text{data}}^2 + \text{smth}^2 \cdot \epsilon_{\text{model}}^2}{\text{nobs} + \text{nx} \cdot \text{nz}}}$$

$$\epsilon_{\text{data}}^2 = \sum_{i=1}^{\text{nobs}} \left(\frac{d_{\text{obs}_i} - d_{\text{mod}_i}}{d_{\text{err}_i}} \right)^2$$

$$\epsilon_{\text{model}}^2 = dpW0^2 \cdot \sum_{i=1}^{\text{nz}} \sum_{j=1}^{\text{nx}} (p_{i,j}^k - dpW_{i,j})^2 + dxW0^2 \cdot \sum_{i=1}^{\text{nz}} \sum_{j=1}^{\text{nx}-1} ((p_{i,j+1}^k - p_{i,j}^k) \cdot dxW_{i,j})^2 + dzW0^2 \cdot \sum_{i=1}^{\text{nz}-1} \sum_{j=1}^{\text{nx}} ((p_{i+1,j}^k - p_{i,j}^k) \cdot dzW_{i,j})^2$$

其中，

nobs=观测数据值编号

dobsi=观测的log（电阻率）和阻抗相位

dmodi=计算的log（电阻率）和阻抗相位

derri=观测数据误差，derri>=误差底数（ErrFloor）

ErrFrr=log（电阻率）或毫弧度为单位的观测数据误差底数

nz=反演模拟网格中节点行编号

nx=反演模拟网格中节点列编号

Pik, j=K次重复中的反演模拟参数，对数（电阻率）—背景值

Perri, j=反演模拟误差，对数（电阻率）或相位毫弧度

Smth=电阻率反演时的ResSmth. nobs/（nx, nz）

dpw0=对Resdpw起始模拟给出的相对权

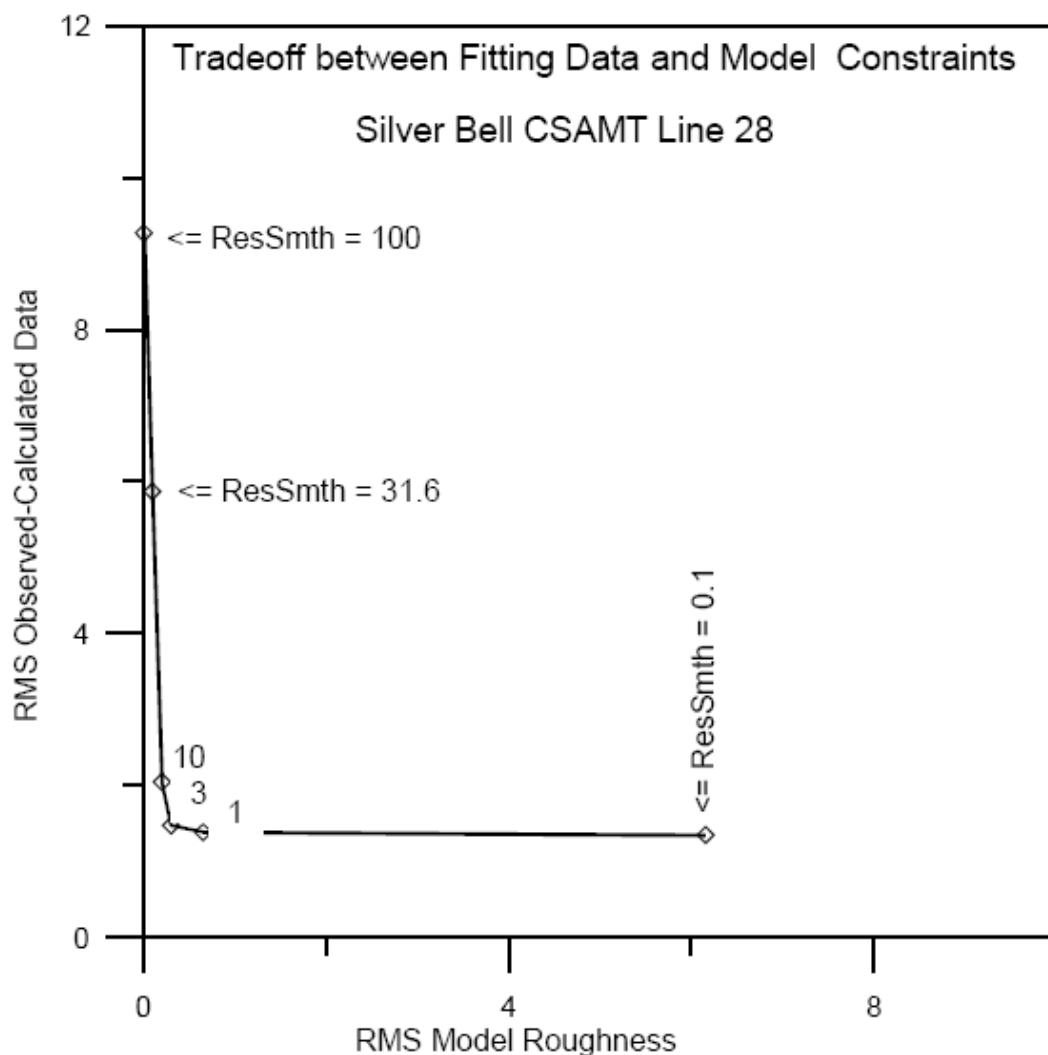
dxw0=对水平平滑度约束Resdxw给出的相对权

dzw0=对垂直平滑度约束Resdzw给出的相对权

dxwi, j=来自*. IPM文件的水平平滑度权阵列

dzwi, j=来自*. IPM文件的垂直平滑度权阵列

每次反演重复之后，RSCS1D和RSCS2D报告平均RMS数据残值($\sqrt{\epsilon_{\text{data}}/\text{nobs}}$), 平均RMS模拟约束残值($\sqrt{\epsilon_{\text{model}}/(\text{nx}*\text{nz})}$), RMS最小化标准(ϵ_{total})和最大模拟参数变化。如果它们增大了 ϵ_{total} ，模拟更新是不会被认可的，如果一个反演步长对改善 ϵ_{total} 失效，这两个程序将利用线性搜索寻求比较谨慎的步长。以降低反演残值。如果 最大步长尺寸过小，如果对 ϵ_{total} 的改善低于截止门槛，或者最大重复值已达到，反演将被终止。



用不同的ResSmth数值，反演数据系列，可表示拟合观测数据与遵循模拟约束之间的折中。均方根（RMS）观测—计算数据残值相对于RMS粗糙度的关系图示表明，ResSmth=100时，获取拟合很差但非常平滑的模拟，拥有很大的观测—计算数据残值和很小的模拟约束残值，相反，利用ResSmth=0.1，则给出对观测数据良好拟合，但反演模拟断面粗糙。对此例说来，利用ResSmth=3近于最佳，既对观测数据良好拟合，又获得平滑模拟。反演数据时，RSCS1D和RSCS2D在屏幕左下角显示类似图示，以表示反演进行效果如何。

SCS2D 菜单结构轮廓

文件

NEW=创建新模拟断面以及在*.MTM和*.MTD文件中存储模拟。

Open=打开现存文件以便浏览或编辑

Save=在*.MTM和*.MTD文件中存储模拟

Save As=修改文件名称然后存储现在模拟

ExitMenu=返回主菜单

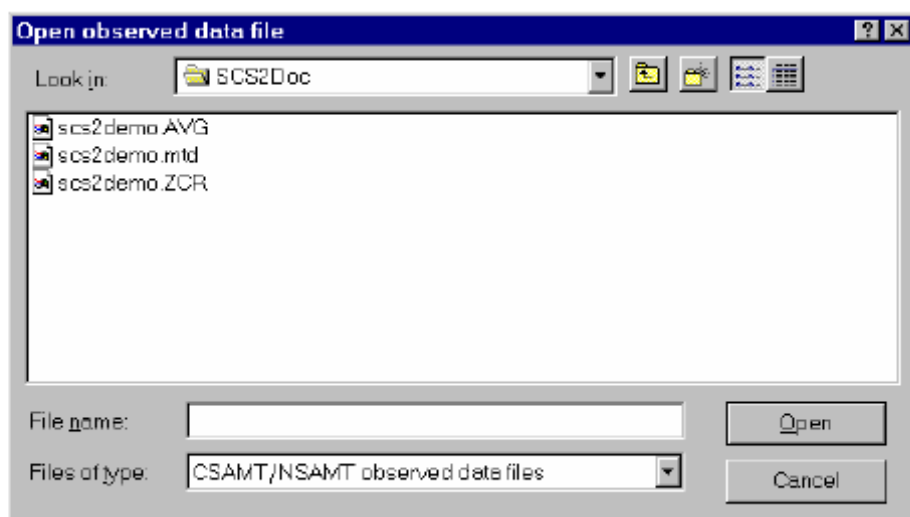
Review Data=显示观测与计算数据的对数—对数图示

Edit model
 Re—Initialize Model=重调背景和反演模拟到均匀电阻率值, 以及背景模拟约束权重调到预置值
 Edit Model Title=修正标题和描述文本
 Edit Model section=在模拟断面上勾画地质因素
 反演模拟电阻率
 背景模拟电阻率
 背景电阻率权
 Edit Lversion control=修改模拟—约束权, 数据误差底数, 停止标准
 Edit Gradient Constraints=修改模拟像素间的平滑度约束
 Auto Sharten Constraints=滤去梯度约束以“聚焦”(“focus”)反演目录
 Exit Menu=返回主菜单
 View
 Zoom
 Zoom in=按倍数2放大浏览
 Zoom back=按倍数2缩小浏览
 Zoom Rectangle=用鼠标调节方框拐角, 选择浏览区域
 Zoom All=浏览完整模拟断面
 Pan=移动浏览中心点
 Adjust colors=调节着色最小值, 最大值及等值线增量
 Select Veiew parameter=为模拟断面图示选择模拟参数
 反演模拟电阻率
 背景模拟电阻率
 背景电阻率权
 反演电阻率灵敏度
 Show/Hide Gradient Constraints=触发梯度约束接通或关断
 Exit=返回主菜单
 Plot File=制作硬盘图示或图示文件
 To printer=通过Windows打印管理系统在打印机上图示现存模拟断面
 *. WMF=Windows原文件, 可传送至其他图示或文件
 *. CGM=为传送图示或文件的计算机成图原文件
 *. PS=彩色后原文本文件
 . ZMD=为ZPLOT绘图程序的Zonge格式. Z文件
 ExitMenu=返回主菜单
 1D CS/NS Inversion=调用(呼叫)RSCS1D反演现存模拟
 2D NS Inversion=调用(呼叫)RSCS2D反演现存模拟
 Exit=退出SCS2D

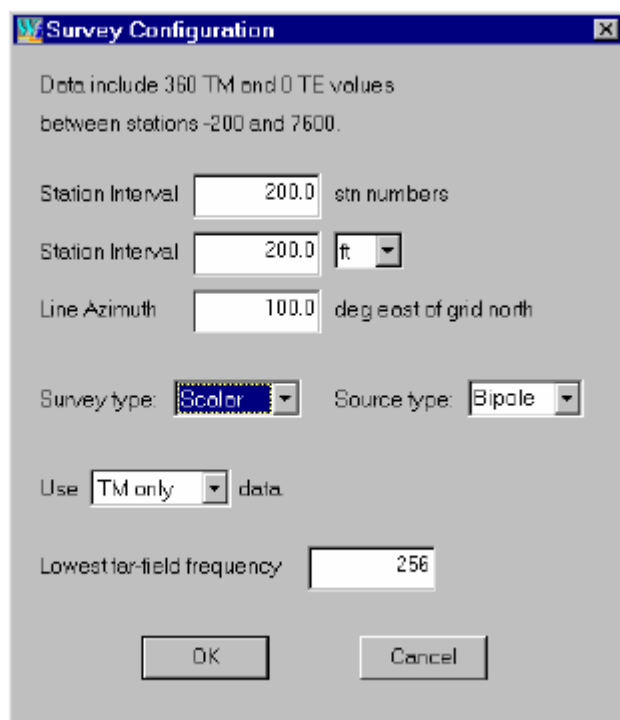
菜单选择

新模拟选择

为了利用样本SCS2D野外数据文件SCS2DEM.AVG建造新模拟，由保存SCS2D.AVG的工作目录，并从初始菜单或从主菜单文件中选择New(新)运行SCS2D，SCS2D将首先显示一个文件选择对话框，SCS2D容许由Zonge—AMT格式*.AVG*.Z或*.MTD文件输入。不大理想的是*.Z文件，因为它们不包含测量重复读数所评估的测量误差。*AMT格式*.AVG文件则比较适合，因为它包含了测量重复读数的误差评估。SCS2D还可阅读来自*.MTD文件的数据，如果开始应用的数据表在格式上不被SCS2D识别，那么*.MTD文件是很容易由数据表生成的。没有测量误差信息时，可调节观测电阻率视电阻率和阻抗相位误差到某一常数值，诸如5%(对视电阻率)和50毫弧度(对阻抗相位)。SCS2D三种输入文件类型的格式，本文件的附录中均有描述。启动新模拟建造时，SCS2D将显示现存目录中的所有数据文件，为便于观测数据输入文件均有适合的文件名称扩展。



下面应用SCS2D配送的样本文件作为例子，移动鼠标光标到SCS2DEM0.AVG名称上，选择野外数据SCS2DEM0.AVG，点击鼠标左键。然后鼠标点击Open（开放）按钮，以打开数据文件并继续运行。SCS2D首先搜寻选择性的*.MDE文件。获取测量注释和配置信息，然后它打开野外数据文件。阅读静态校正视电阻率列的*.AVG文件时，SCS2D要求你选择静态校正或未静态校正数据，在SCS2D中未校正数据一般更加适合，因为通过引入SCS2D模拟直接得到的小的近地表特征和某些地形引起的静态偏离，它对静态偏置会有很好的效果。从输入数据文件阅读观测数据之后，SCS2D显示一个确认测量配置的对话框



Survey Configuration

Data include 360 TM and 0 TE values between stations -200 and 7600.

Station Interval: 200.0 strn numbers

Station Interval: 200.0 ft

Line Azimuth: 100.0 deg east of grid north

Survey type: Sclar Source type: Bipole

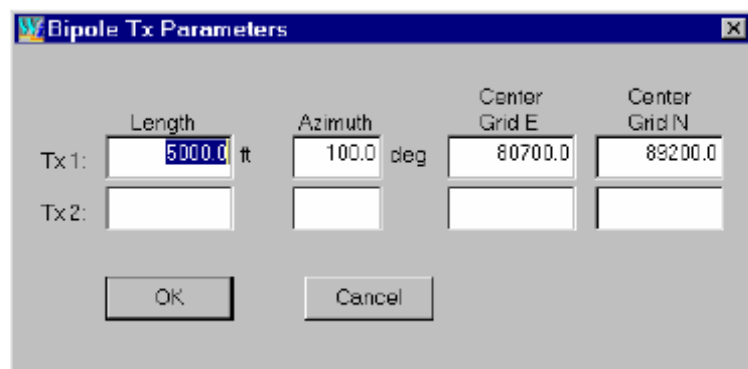
Use TM only data

Lowest far-field frequency: 256

OK Cancel

SCS2DEMO.AVG保存用200英尺偶极采集的TM—模式标量CSAMT数据测点编号为沿测线距离（英尺），所以测点间隔和测点间隔长度都是200英尺。测点间隔100英尺和测点间隔长度100英尺的配置将被用于比较详尽的模拟，这些可控源数据是接地双电极置于28线以北（6000英尺是所采集的，SCS2DEMO.AVG中最低远场频率为256Hz。

在*.MDE文件中包括发送机规格说明，对存档重要测量配置信息是一种好办法，SCS2D从SCS2DEMO.MDE读取有关发送类型，尺寸，位置和定向信息，并在对话框中显示，以便确认。

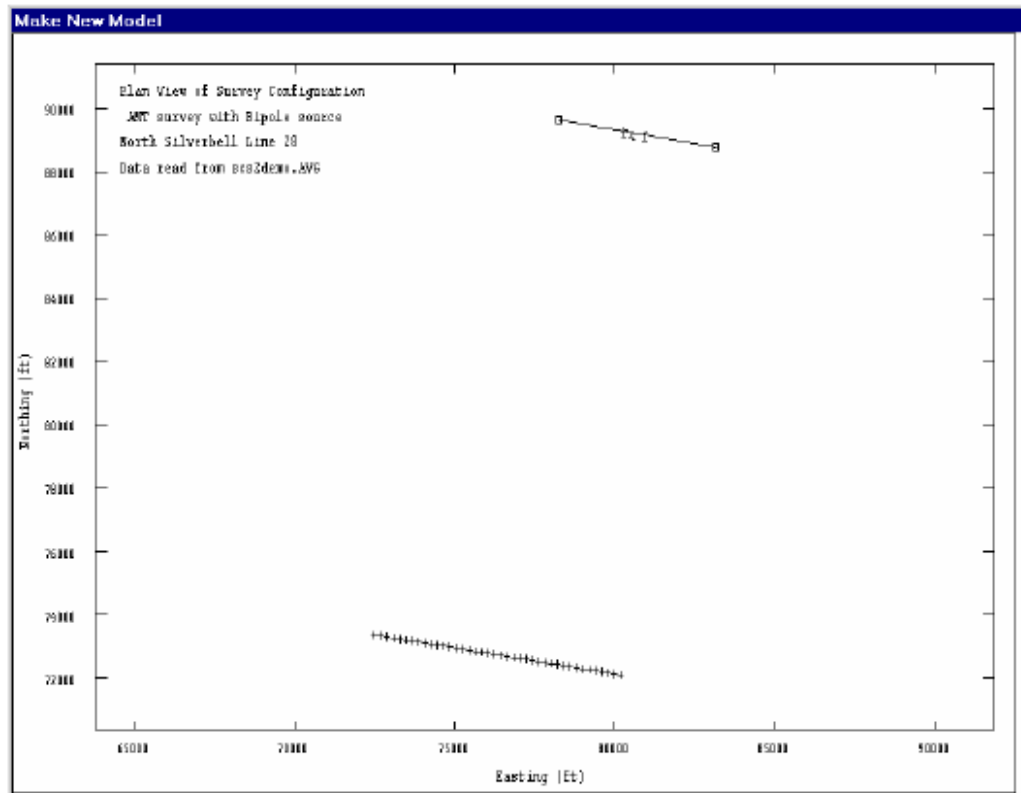


Bipole Tx Parameters

	Length	Azimuth	Center Grid E	Center Grid N
Tx1:	5000.0 ft	100.0 deg	80700.0	89200.0
Tx2:				

OK Cancel

对于张量测量，两个发送的配置信息，可依次存储于*.MDE文件中



SCS2D从选择性*.STN文件读取测点位置信息，然后显示测线和发送的平面布置图，以确认在发送或测线坐标两方面均无较大错误，如果没有合适的*.STN文件存在，你可点击“open*.STN file”（打开*.STN文件）对话框中的cancel（取消）钮，以便跳过*.STN文件输入，SCS2D将指定预置测点坐标。然而如果你想在模拟断面上包括地形，*.STN文件是需要的，如果你有可控源测量数据或多条测线网格，日后你想以深度截面平面图示模拟结果，*.STN文件应值得推荐。将*.STN文件数据向测线两端外扩展两个测点间隔，地形模拟将可以改善。

Build New Inversion Model

Model Description

North Silverbell Line 28
for Zonge Engineering
Data from scs2demo.AVG

Model extends from str -700.00 to 8100.0 44 dipole lengths.

Model Section Thickness:

Top row's thickness 150.0 ft
Row-to-Row Thickness Multiplier 1.10
Number of rows 12
Total thickness 3207.6 ft

Edit individual row thicknesses

Initialize background model resistivity with 2d moving average of data

Save in scs2demo *.MTM and *.MTD files.

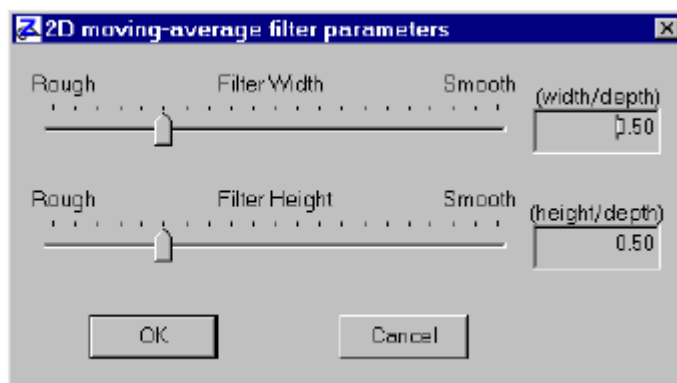
OK Cancel

按照预置，模拟断面运行从测线第一个电极位置前两个测点间隔到最后一个电极位置后两个测点间隔，最大模拟断面长度可达200个测点间隔。对TM模式，测点间距通常调节到等于电偶极长度，但也可以减半，以产生比较详尽的模拟或加倍产生大比例模拟。测深点不必定位在测点间隔的整数分点上。因为SCS2D在有限元节点间可以内插，以便计算非正规空间距定位所采集的数据。

SCS2D利用最大远场探查深度评估值，调节断面深度延伸预置值，模拟像素顶行高度可以从0.25变到若干倍测点间距长度。但近地表模拟像素的高度/宽度比值应维持近于1。每一顺序行的高度，按行一行高度成倍增加。利用行高度几何级数增加。可改善SCS2D模拟结果。模拟像素权以及行一行高度的倍数，可以被修改，以改变模拟深度延伸，在一个新栏目中点击鼠标光标，每次总厚度都全被更新，模拟像素一行高度，可通过选择Edit individual row thickness（编辑单独行厚度）独立制定。在SCS2D模拟断面中，最多可用20个像素行。利用超大深度延伸的模拟断面，通常要比用小深度延伸模拟断面有更好的模拟结果。为了获得比较有限深度延伸的最终图示，反演之后，模拟断面可以回调。本例中，为将总模拟深度延伸至1715英尺，模拟像素行数从5增大到8。

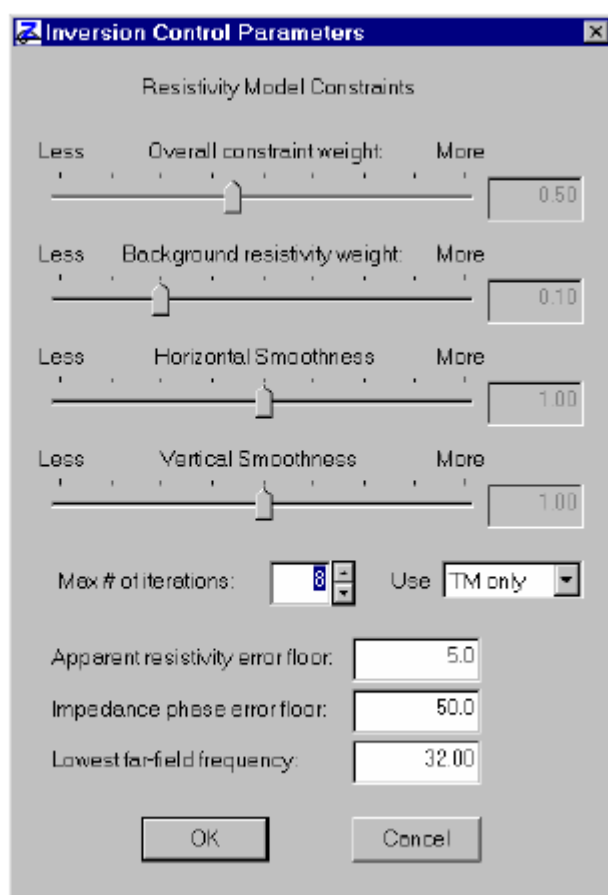
调节背景模拟电阻率，有三种选择。对天然源数据，数据的二维移动平均，是很好的选择。利用测点位置和Bostik深度，数据被图示于模拟断面上。第二种选择是一维模拟移动平均，运行RSCS1D，获得一维平滑模拟断面。然而应用二维移动平均滤波获得平滑背景电阻率，平均的一维平滑模拟断面对使用可控源数据，通常是很有用的，因为它可以从低频近场数据评估深部基岩电阻率，这些数

据仅在远场反演中应用。其他方面并无用途。第三种选择是利用均匀电阻率，它是对以 $1/\text{频率}^{\wedge}2$ 加权的远场观测视电阻率的几何平均的初始化。对于RSCS2D，最好的背景还是平均的深部基岩电阻率。



二维移动平均采用一个低通滤波器，其尺寸随模拟断面象素深度增加而增大。滤波器宽度和高度正比于模拟断面象素深度，而这两个比例系数是可以变化的。加宽滤波器会增加其平滑效应。

为了在反演中包括钻孔或地质模型信息，Edit | Edit Model Section | Background Model Resistivity（编辑|编辑模拟断面|背景模拟电阻率）菜单选择，在新模拟建造完成后，可用来对背景模拟断面添加特定地质结构。在“build new inversion model”（建造新的反演模拟）对话框中，选择OK钮，导出表示反演控制参数的对话框。



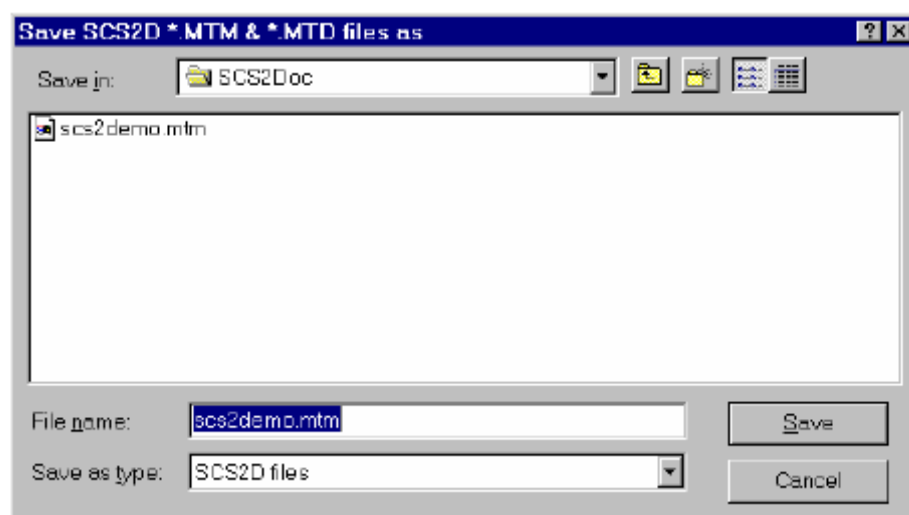
模拟约束权可用鼠标移动跟踪球指示加以调节，为调节约束权，将鼠标光标置于指示点上，持续压下鼠标左钮，并移动鼠标。减小模拟约束权，约束拟合观测数据影响的重要性亦相对减小。如果水平电阻率平滑度调至“more”（较大），反演电阻率模拟从边一边将非常平滑。就象一个层状模型。增大垂直平滑度数值，则更象似岩墙模拟结构。

反演中最大的改善发生在前2—4次重复。将最大重复数从8减到4，将加速预备性反演进程。SCS2D容许反演“TMonly（仅是TM）”“TEonly”（仅是TE）和“TM&TE（TM和TE）”模式的数据，如果对仅有TM数据的系列，选择“TEonly”（仅是TE），RSCS2D将显示错误信息，说明此处无有效信息并终止反演。

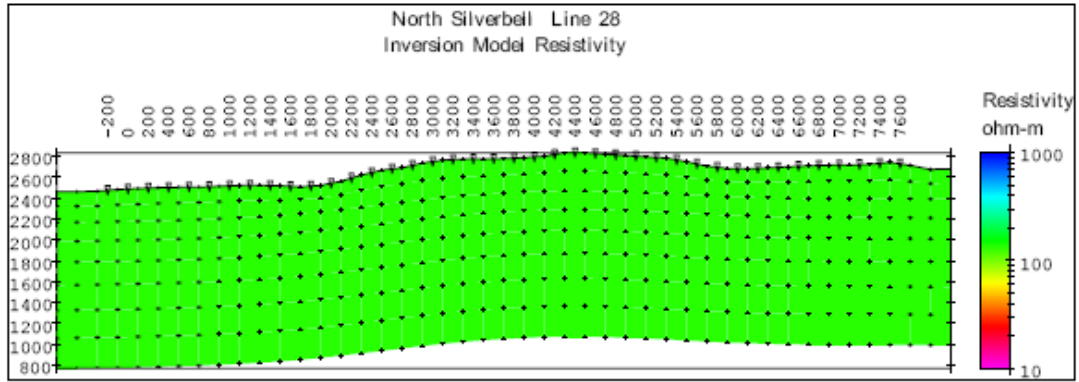
视电阻率和阻抗误差底数值调节最小观测数据误差并影响拟合观测数据和遵循模拟约束间的平衡。测量重复性通常产生一种过分乐观的反演误差评估，因为它们没有计入用简单二维断面表示复杂三维状态所产生的计算模拟误差。

最低远场频率被用于调节高频远场数据（可用平面波源模拟）与过渡带和近场数据（必须使用完全三维电磁场源模拟）间的边界。虽然RSCS2DV2.10仅仅模拟远场数据，但它在其*.MTD文件中存储了所有频率的数据，所以在Review Data（评估数据）中查看了观测数据对数—对数图示以后。可以通过Edit Model|Edit inversion controls（编辑模拟|编辑反演控制）重调最低远场频率。如果过度带频率沿测线变化，则远场底数可调节为该测线最低远场频率，然后高频段的拥有过度带性态的单元数据点在Review Data（评估数据）中将被跳过，以获取变化远场底数的等效结果。RSCS1D忽略远场底数且利用所有频率的数据，但它服从跳行标记。

预置SCS2D值大多数时间工作的很好，但某些数据系列反演可能要籍助于拟合野外数据与维持平滑模拟断面之间的不同折中予以改善。使用不同的模拟约束权以及观测数据误差底数的实验，可以改善反演结果。当你乐于使用“L inversion control parameters”（反演控制参数）对话框中的数值并愿继续运行时，选择OK钮，或者选择cancel（取消）钮，以终止新模拟建造。选择OK会带出一个“Save As”文件名称对话框，给你一个改变SCS2D文件名称的机会。



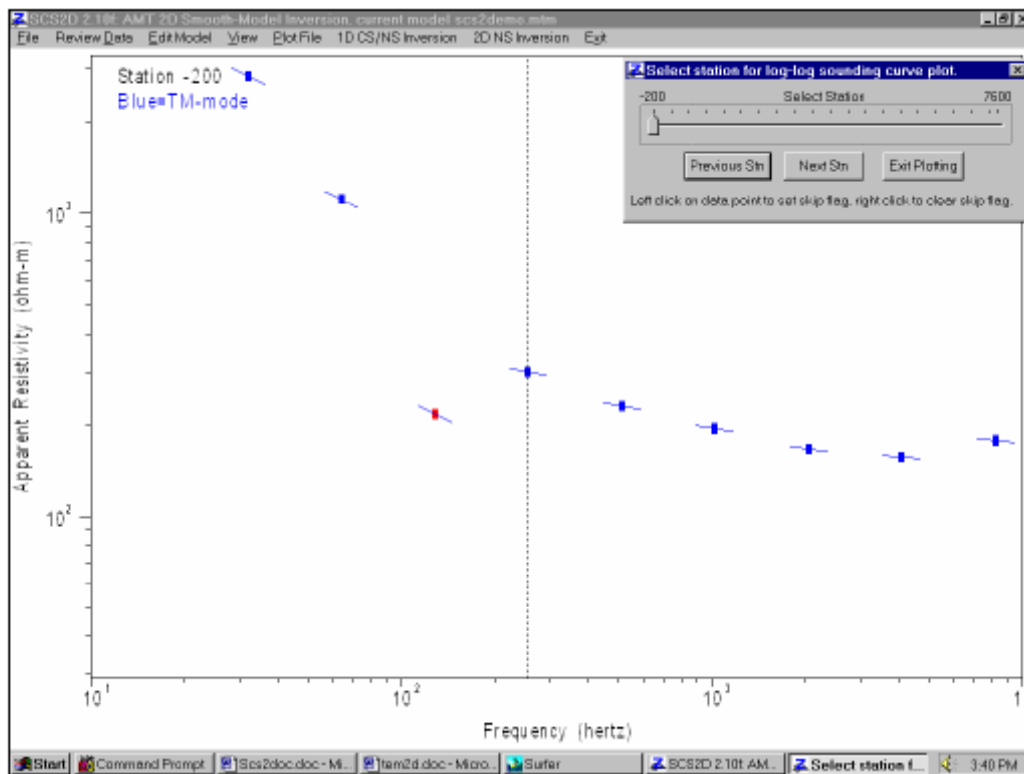
如果你乐于使用预置文件名称，可直接进入Save钮，或者在“file name”（文件名）栏中输入不同的名称，然后点击Save，如果近于重写现存文件，SCS2D将给出警告并给出一个返回和改变文件名称的机会，否则SCS2D会写出*.MTM+*.MTD文件系列，返回主菜单和图示新模拟断面。



新模拟断面建造利用了来自SCS2DEMO.MDE和SCSDEMO.STN的数据，最低远场频率调节到256Hz，使用八行模拟像素和均匀背景电阻率。

浏览评价数据菜单选择

创造新模拟后，查看观测数据对数—对数图示，通常是有用的。从主菜单上选择Review Data（浏览数据）会产生log10（视电阻率）相对于log10（频率）的单个测深曲线的图示。



观测视电阻率值用方框表示，TM—模式数据用蓝色方框，TE—模式数据用绿色。被跳过的数据值用红色方框表示，视电阻率和阻抗相位数据对可籍助在数据点上左击予以跳过。右击可清除跳行标记。视电阻率误差用短垂线表示，如果评估测量误差很小，也可能看不到它。斜线表示由阻抗相位导出的梯度。反演运行

之后，计算的视电阻率用实曲线表示。

垂直虚线表示最低远场频率，利用菜单选择Edit Model | Edit Inversion Controls（编辑模拟|编辑反演控制），它可以重新调节。本例中，最低远场频率调节为256Hz。

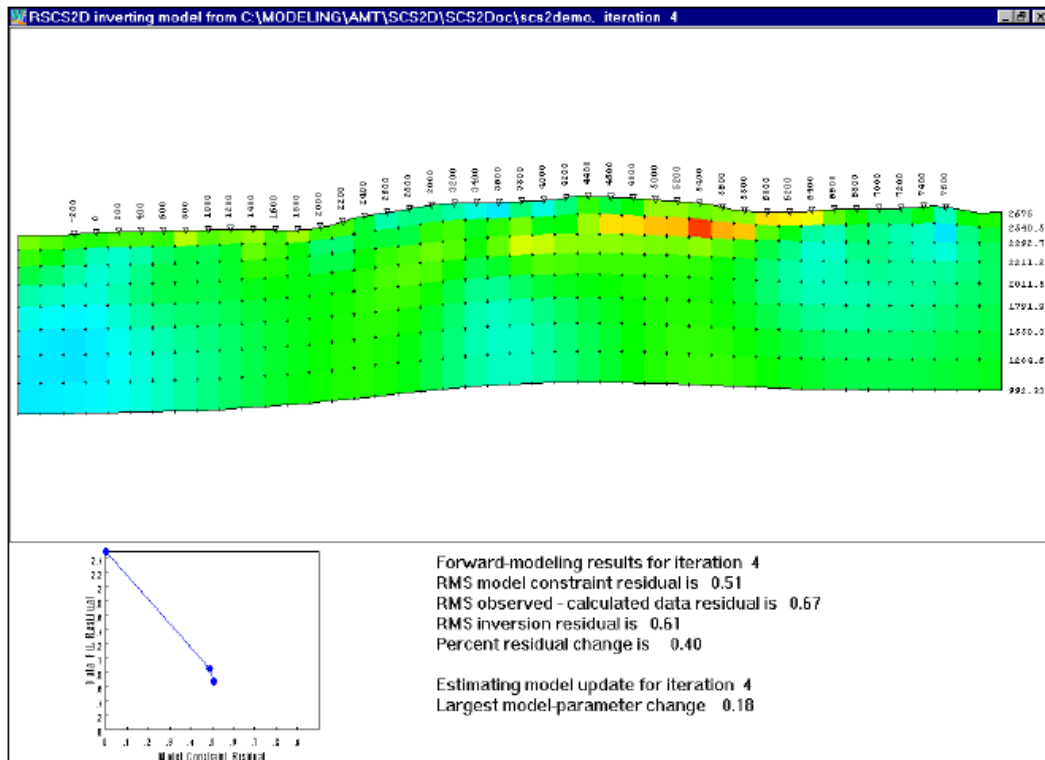
在“select station（选择测点）对话框中点击previonstn（前一点）或Next stn（下一点）或者用鼠标移动对话框跟踪球（将鼠标指示置于跟踪球光标上，并持续按下鼠标左键），可以点一点逐个移动测点，点击Exit Plotting（退出图示）或按ESC键则返回主菜单。

一维 CS/NS 反演菜单选择

借助于从SCS2D主菜单选择1D CS/NS反演菜单，或者由MS—DOS指令线，由简捷系统或批文件运行RSCS1D. EXE，现存模拟可利用全部未跳过的数据进行反演。利用电阻率随深度近于平滑度变化的多层水平层状模型，RSCS1D对每一测点数据顺序反演。虽然它们的地质模型比RSCS2D更加有限，但RSCS1D计算可控源发射点周围的三维场，对于从低频可控源数据评估深度基岩是有用的。

二维 NS 反演菜单选择

从SCS2D主菜单选取INDS反演菜单选择。从MS—DOS指令线运行RSCS2D. EXE，从简捷系统或批文件，即可应用远场数据反演现存模拟。由SCS2DEMO. AVG新产生模拟断面之后，从主菜单选择2DNS Inversion（反演），启动RSCS2D。RSCS2D反演SCS2DEMO. MTM中的起始模拟，旨在拟合SCS2DEMO. MTD中的数据，遵循模拟约束。随着每一次反演重复对断面的更新。RSCS2D显示现存模拟断面。



RSCS2D反演模拟断面图示位于窗口上部2/3区间，滚动文本描述反演进程示于图窗右下方1/4部分，而模拟—约束残值相对于观测计算残值的图示，则示于左下角，RSCS2D前几次重复反演进展很快，而后逐渐变为小增量改善。

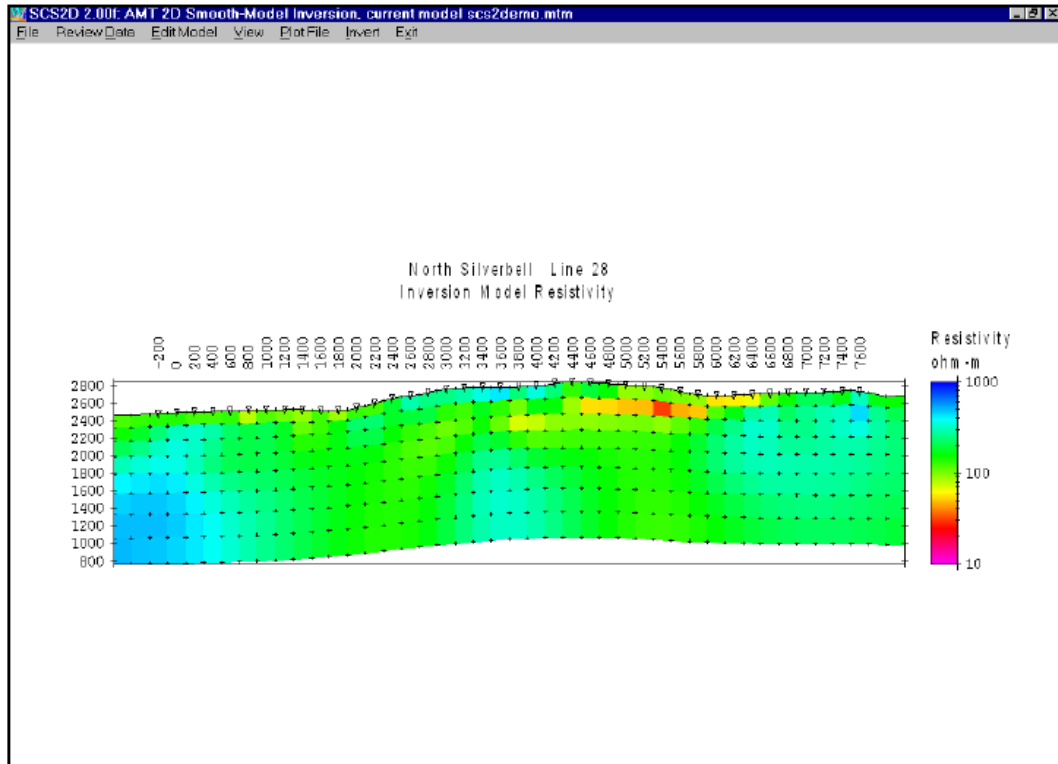
数据拟合残值相对于模拟约束残值的图示，强调了拟合观测数据相对于维持平滑度变化模拟之间的折中。一个新模拟非常平滑，但其计算数据不能与观测数据很好的拟合。将折中点置于垂直轴高处，表明模拟约束残值很小，数据拟合残值则很大。随着反演的进展，RSCS2D在扩大模拟约束残值条件下改善了对观测数据的拟合，然后图示点向下向右移动。

拟合数据与维持平滑模拟之间的折中，可通过SCS2D Edit Model|Edit Inversion control（编辑模拟|编辑反演控制）菜单选择调节模拟约束权加以改变，如果倾向于试验，可以试着用一定范围的模拟约束权值进行反演对比。降低模拟约束权，改善对观测数据的拟合，直到某一点，利用很低的模拟约束权，将不会对观测数据产生最佳拟合，并且会产生粗糙模拟，所以最终折中图示点将靠近水平轴并向右偏移。模拟约束权从大到小的重复反演的最终结果可以画出一条渐进线近于正X和Y轴的似双曲线。最佳模拟约束权给出的最终图示点尽可能紧密的接近折中图示原点。

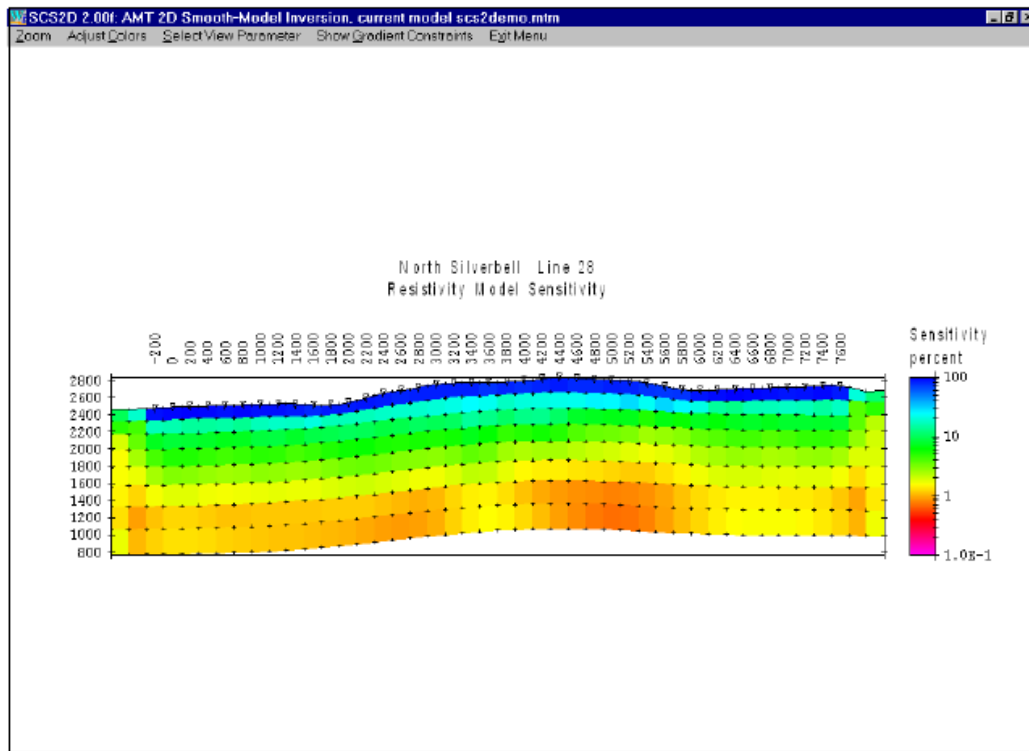
使用相同数据系列运行重复反演时，工作从平滑正演粗糙模拟开始。RSCS2D对平滑模拟添加结构比起它平滑粗糙模拟断面的效果更好。添加参数Res0=100到*.MTM名称清单块，重调起始模拟到100 Ωm 由指令线或批文件运行RS2DIPW时，也可以包括反演控制参数。在指令线或批文件运行RS2DIPW时，也可以包括反演控制参数。在指令线上打印“RSCS2D SCS2demo—res0=250”将用反演模拟调到250 Ωm 的SCS2DEMO.MTM，重新启动RSCS2D。

反演运行时，点击RSCS2D窗口右上角的带减号（-）的小框，可将RSCS2D以文本标记缩小到Windows任务条带上。点击RSCS2D窗口右上角的小X框。终止反演运行。一次反演在未有效完成前，RSCS2D不更新*.MTM或*.MTD文件，所以停止通

过反演的部分路径，将保留未被修改的SCS2D文件，运行过程中，RSCS2D产生带文本记录的*.LOG文件，说明反演进行得如何。如果反演中出现任何错误状态，RSCS2D还将产生一个*.ERR文件以保存错误信息。由2DNS反演菜单选择运行时，在其完成之后，RSCS2D返回控制到SCS2D。然后SCS2D图示反演模拟断面。反演电阻率按预置表示。



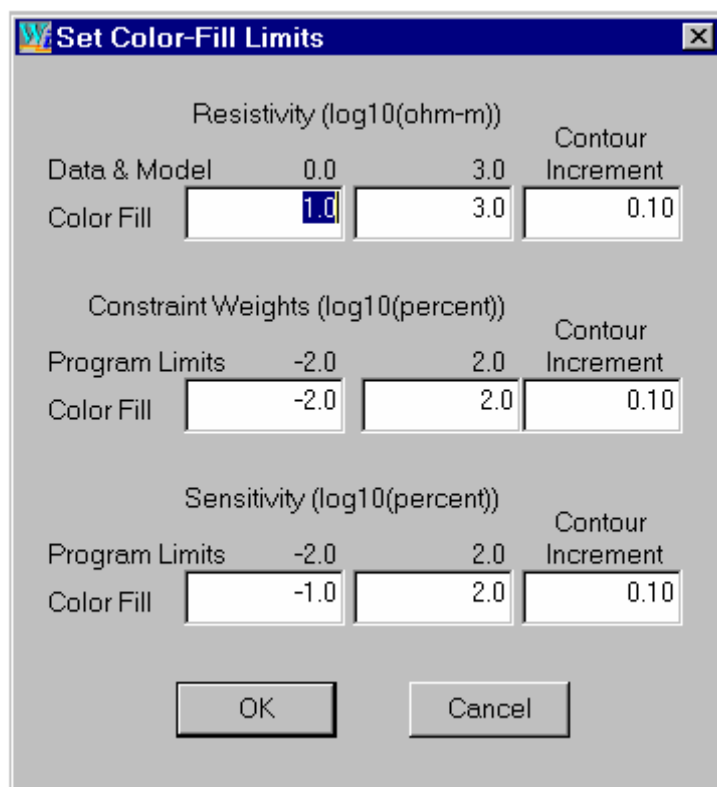
另一有意义的模拟特性是模拟灵敏度。选择View | Select View Parameter | Inversion Resistivity Sensitivity(浏览 | 选择浏览参数 | 反演电阻率灵敏度)。带出一个规一化灵敏度图示。



模拟参数灵敏度，以百分比数值存储，拥有100%数值的地区，用观测数量可以完全分辨。随着模拟断面数据分辨力的衰减，引用百分灵敏度来表征。1%到2%灵敏度可粗略圈出最大探查深度。1%灵敏度以下的模拟特性的勾画主要由模拟约束控制，而不是野外数据。宽阔的导电区减小最大探查深度，而高阻特性相对于均匀半空间增大探测深度。

模拟断面细节可用View | Zoom | Zoom In or Zoom Rectangle（浏览|变焦|放大或放大方框查看部分断面予以研究。利用Zoom|pan（放大|轮廓）菜单选择。可环绕放大浏览区移动。为返回完整断面图示，可选择ZoomBack or Zoom All（缩放返回或缩放全部）

利用View | Adjust Colors（浏览|调节色彩）菜单选择，可调节着色界限）。



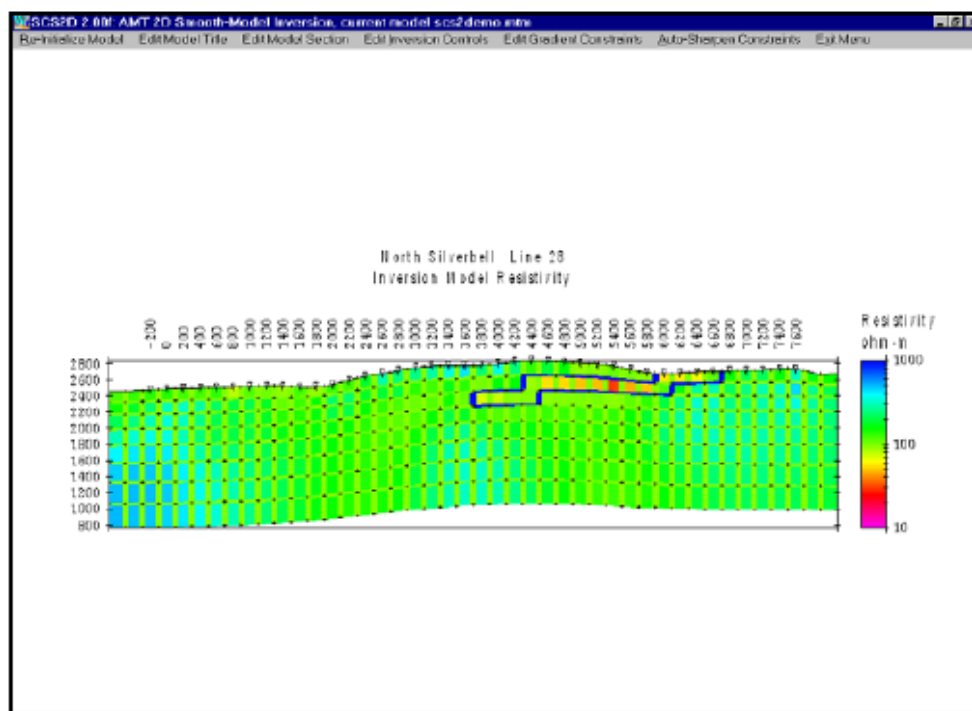
SCS2D调节着色界限对话框包含编辑电阻率着色界限（以 $\log_{10}(\Omega\text{m})$ 为单位）的栏目。模拟约束权和模拟灵敏度着色界限也用 \log_{10} 单位。SCS2D在*.MTM文件中存储了着色界限。所以重新打开现存模拟文件系列时，不必重新调节。

编辑梯度约束

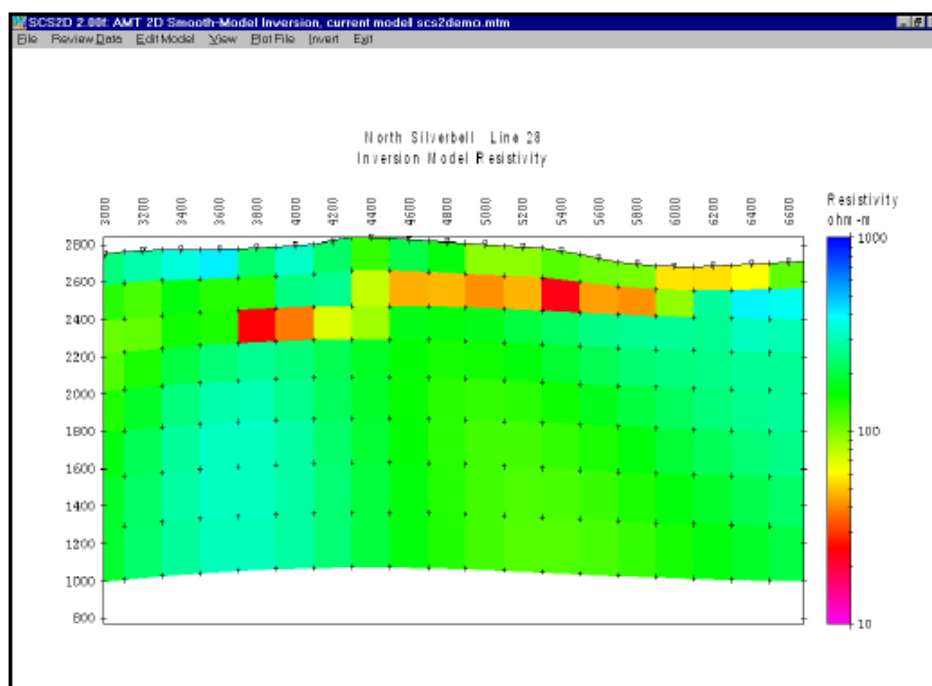
运行预备性反演后。在陡倾模拟断面梯度指示高对比度接触带的地区，切断平滑度约束有时是很有用的。普遍情况是反演导电覆盖区所采集的数据，预备性反演将给出覆盖厚度的良好指示，但是平滑度约束与覆盖—基岩高对比度之间的相互影响，可能会掩盖较深部的特征。沿覆盖层底部，切断平滑度约束，然后重新运行反演，通常可改善基岩热症的分辨力。

初次反演运行后，基本步骤可用SCS2DEMO.MTM予以说明。运行SCS2D打开SCS2DEMO文件系列，从初始菜单选择open，然后从open file（打开文件）对话框清单选择SCS2DEMO.MTM。然后SCS2D将显示SCS2DEMO反演电阻率模拟断面和主菜单选择。选择Edit Model | Edit Gradient Constraints（编辑模拟 | 编辑梯度约束），在监视屏左上角会显示一个“Select new gradient constraint value”（选择新梯度约束值）对话框。为了切断梯度约束，用鼠标拖拽，左移跟踪球光标到“Low=cut”调节，（鼠标指示置于跟踪球光标上，并持续下压鼠标左键）然后点击OK按钮。此时SCS2D将显示模拟像素带有色彩代码线覆盖的模拟断面。这些线代表梯度约束权。冷色表示低权值，绿色居中，而暖色表示高梯度约束权。移动鼠标光标到模拟像素拐角。可以沿像素间的边界画入新的梯度约束值，并在每一希望安置线段结束点的位置，点击鼠标左键，完成勾画梯度约束变化的多边形线

段后，点击鼠标右键，SCS2D将用指示现存梯度约束的新的彩色线更新模拟断面。



模拟像素间的蓝线表示沿SCS2DEMO.MTM中低阻特征区边界的梯度约束已剪断。利用View | Zoom | Zoom Rectangle (浏览|缩放|放大方框) 以获得最有意义地区的放大图示。然后利用Edit Model | Edit Gradient Constraints (编辑模拟|编辑梯度约束) 接通梯度约束显示并围绕低阻区边界切断梯度约束。编辑梯度约束之后，利用View | Zoom | Zoom All (浏览|缩放|缩放全部)，浏览完整模拟断面，如果想返回模拟断面正常浏览。View | Hide Gradient Constraints (浏览|隐藏梯度约束) 将关闭梯度约束显示。接着用反演菜单选择重新运行反演，以更新反演模拟电阻率。



用低阻体周围被切割的梯度约束更新运行反演，让RSCS2D在低阻体及其高阻围岩之间引入尖锐的分离。此时，利用了View | Zoom Rectangle（浏览|放大方框）以选择模拟断面的详尽图示。

自动尖锐化（sharpen）约束

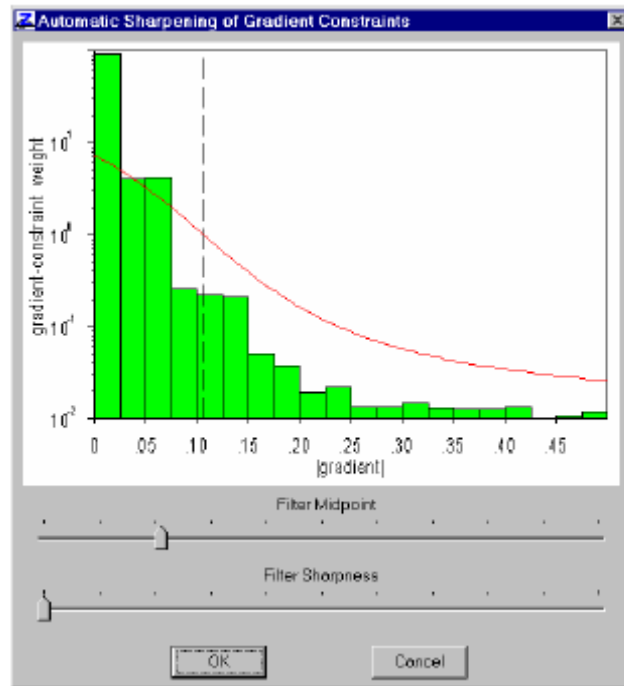
在陡倾梯度区弱化平滑约束的想法，在Edit Model | Auto-Sharpen Constraint（编辑模拟|自动锐化约束）功能中可以自动实现，运行预备性反演后，可以选择Edit Model | Auto-Sharpen Constraint（编辑模拟|自动锐化约束），使平滑度约束权值正比于反演电阻率梯度，利用滤波，在电阻率梯度较高地区降低平滑度约束，而在电阻率梯度较低地区增大平滑度约束。

$$dxzW = 10^{\left\{ \left(-\frac{4}{\pi} \right) \text{atan} \left(\frac{|g| - \text{filter_midpoint}}{\text{filter_width}} \right) \right\}}$$

其中，dxzw=垂直边棱上的dxw和水平边棱上的dzw，g=梯度=沿模拟像素边棱之间的log（电阻率）差。Filter—midpoint（滤波器中点）预置为平均梯度值，而filter—width（滤波器宽度）预置为模拟断面梯度的标准离差，当相邻模拟像素间的梯度比Filter—midpoint（平均梯度值）小很多时，dxzw逼近于 10^2 。相

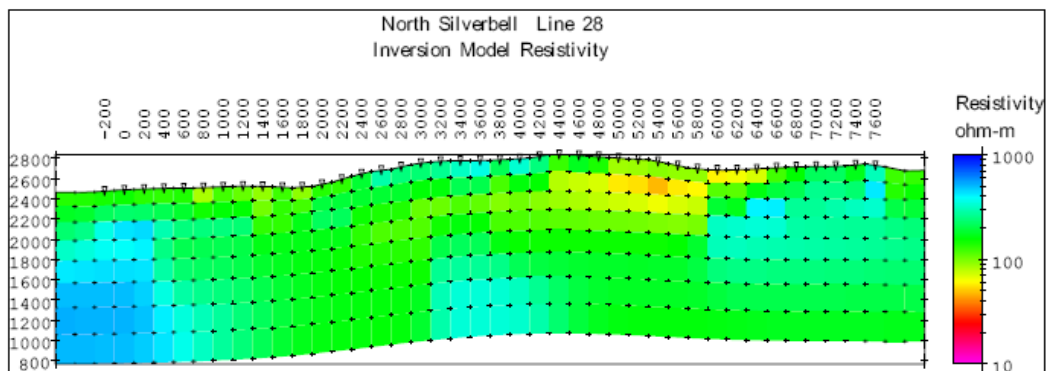
反，当邻近模拟像素间的梯度比Filter—midpoint大很多时，dxzw逼近于 10^{-2} 。

其结果使平坦地区更平，陡峭地区更陡，增大了模拟断面特征的对比度。SCS2D将显示一个可以改变Filter—midpoint和filter—width的对话框。



绿色方柱表示每一梯度水平上，像素—像素梯度值的数量。红线表示对于dxw和dzw平滑度约束权，自动滤波是如何图示梯度值的。Filter—midpoint 用垂直虚线表示。预置为模拟断面平均梯度振幅值，而filter—width控制滤波尖锐度，预置为梯度标准离差。用鼠标光标拖拽跟踪球指示可以调节平均梯度（Filter—midpoint）和标准离差（filter—width）。

用2DNS Inversion（2DNS反演）运行预备性反演，然后EditModel | Auto-Sharpen Constraints（编辑模拟|自动锐化约束）并重新运行2DNS反演凸显模拟断面特性间的对比度。



反演长测线

SCS2D可以建造最长可达200个偶极长度的测线，而RSCS2D将在一个块段中反演它们，虽然反演长测线要多费一些时间。使用拥有最大可用RAM数据的PC机，将加速大模型的反演。

RSCS2D 指令线参数

为便于由批文件顺序反演多条侧线,或者通过改变约束权值对一个侧线重复反演, RSCS2D将模拟文件名称和反演参数作为指令线宗量。来自指令线的反演控制参数重叠在*.MTM文件中的数值系列上。例如, 采用下列两线的批文件

```
start /w rscs2d Line1 -Res0=100
start /w rscs2d Line2 -Res0=100
```

将调节到100 Ω m的电阻率起始模拟反演LINE1.MTM+LINE2.MTD和LINE2.MTM+LINE2.MTD。利用Windows指令线功能, “Start/w”在RSCS2D走做完LINE1开始rscs2dline2之前命令处于等待状态。指令线常量-Res0=100调节反演起始模拟到100 Ω m。编辑模拟约束权或背景地质信息之后重新反演模拟时, 将起始模拟重调到近于背景值是一个好主意。反演控制参数的指令线常量, 以符号—开头而参数名称则用=(等号)符与其数值分隔, 多重指令线变量必须用一个或多个空白分离。

指令线变量也便于改变模拟参数在同一测线上运行重复反演。利用

```
start /w rscs2d scs2demo -ResSmth=4 -Res0=100
copy scs2demo.mtm scs2demo1.mtm
copy scs2demo.mtd scs2demo1.mtd
copy scs2demo.log scs2demo1.log
start /w rscs2d scs2demo -ResSmth=1 -Res0=100
copy scs2demo.mtm scs2demo2.mtm
copy scs2demo.mtd scs2demo2.mtd
copy scs2demo.log scs2demo2.log
start /w rscs2d scs2demo -ResSmth=0.25 -Res0=100
copy scs2demo.mtm scs2demo3.mtm
copy scs2demo.mtd scs2demo3.mtd
copy scs2demo.log scs2demo3.log
```

将产生-ResSmth=指令线变量。模拟约束权分别调到4, 1和0.25的三个系列反演结果。利用-Res0=100, 每次重新调节起始模拟到100 Ω m, 使得模拟结果更加统一连贯。

可以用做指令线变量的反演控制参数:

Res0=调节起始模块电阻率到一个常数值

StnBeg——用于反演的第一个测点=有效反演模拟的左边界

StnEnd——用于反演的最后一个测点=有效反演模拟的右边界

NReslter——电阻率反演中的最大重复数(0——32)

ResSmth——电阻率数据与约束之间的折中(0.01——100)

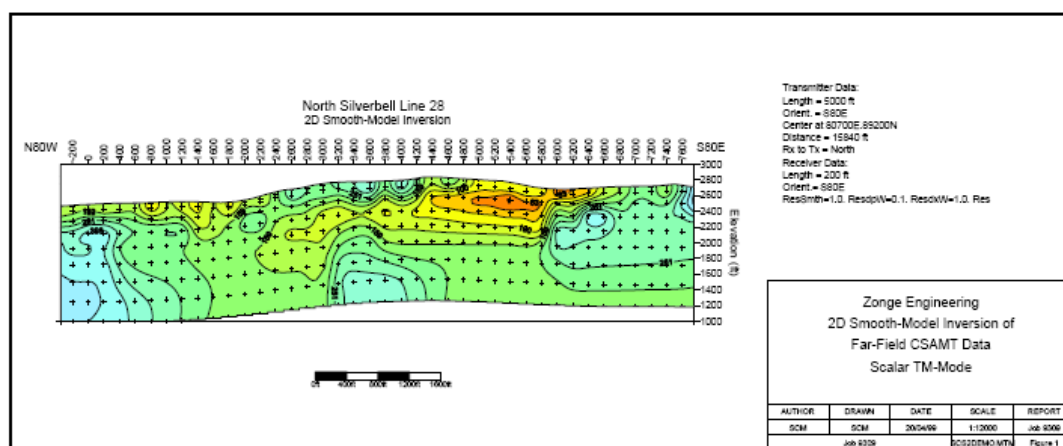
ResdpW——电阻率背景模拟的相对权(0.01——100)

ResdxW——水平电阻率平滑度的相对权(0.01——100)

ResdzW——垂直电阻率平滑度的相对权(0.01——100)

利用 MODSECT 图示模拟断面

打印“MODSECT SCS2DEMO”，提供比较圆滑的模拟断面图示，MODSECT可以输出模拟断面图始到Windows原文件，以便输入到MS—Word文件。后者驱动MS—DOS版本的Geosoft程序，产生Geosoft格式的图示，或者它写出SurferV6文本和数据文件以使用Surfer（windows）自动成图。注意，因为MODESECT对文件名称要加前缀“R”或“P”，以便区分电阻率和IP图示，原始文件名称应为七个或更少的字符。如果原始文件名称项多于七个字符，后面的字符将被自动省略。

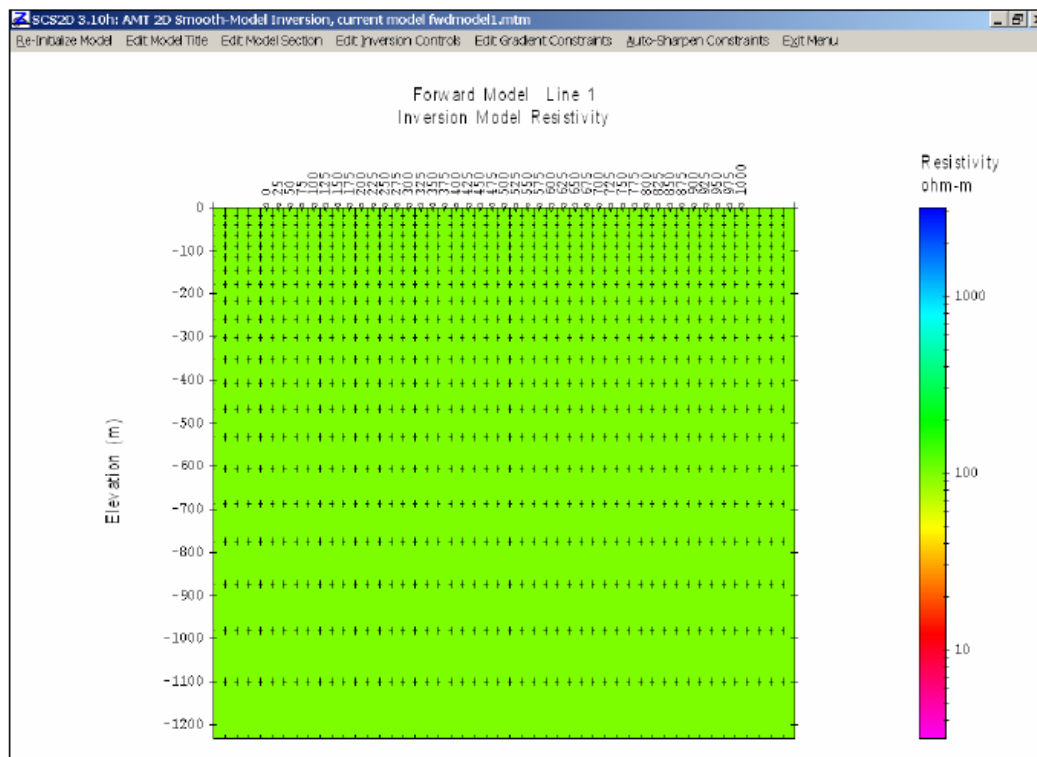


SCSDEMO的电阻率反演结果可用MODSECT，GS Scripte和Surfer（windows）予以图示，低阻层圈出了矿化富集带。

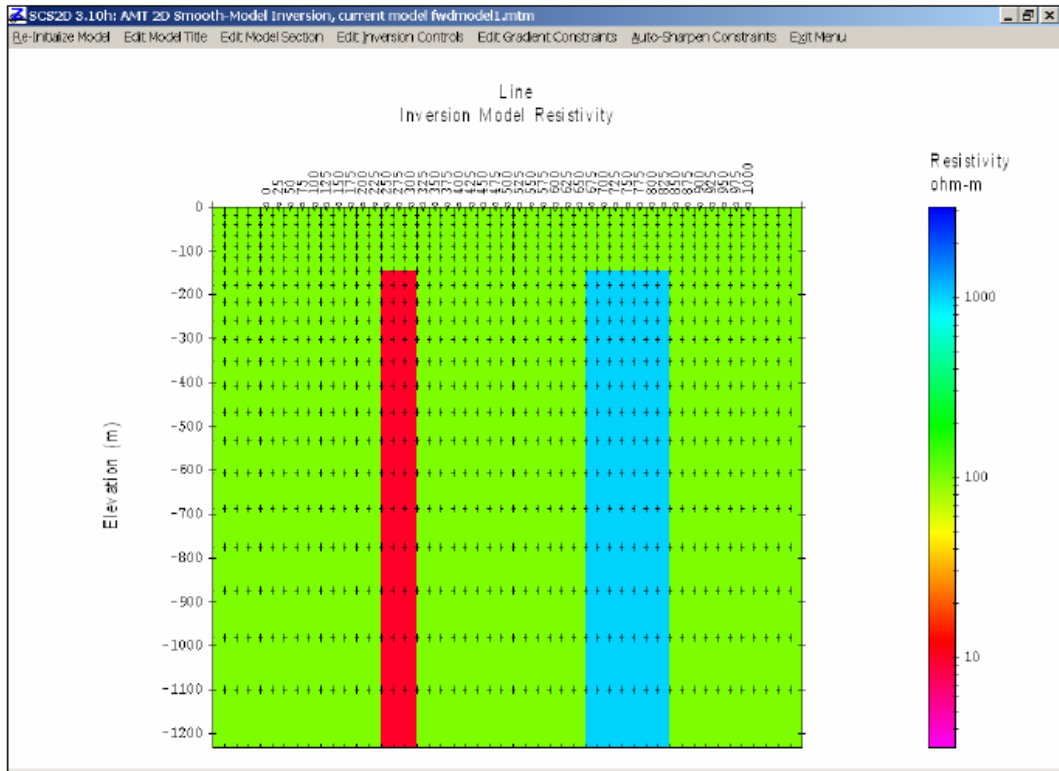
利用 SCS2D 正演模拟

SCS2D可用于正演模拟及反演模拟，“正演模拟”，预计给出地质模型的地球物理响应，而“反演”则评估给定地球物理数据的地质结构，用SCS2D正演模拟需要一个初始数据系列，以表列出每一测深点的测点编号，测点东，北，高度以及频率范围。数据表程序或文本编辑可以产生一个综合性*.mtd文件。作为保存任意视电阻率和阻抗相位数值的场所。换言之，野外数据系列可用做新模拟样本资料，启动SCS2D并选定New Inversion Model Section（建造新反演模拟断面）对话框。在这里，应当改变预置的起始化背景模拟电阻率，从二维移动平均数据变为

均匀电阻率。点击OK钮，SCS2D将提示有关背景电阻值，输入一个合适数值并选择OK。在接下来的反演控制参数对话框中，调节最大重复数到0，代替8。点击OK。执行和存储新模拟以及数据文件（*.mtm和*.mtd）。然后将看到一个使用均匀电阻率的模拟断面图。



为了对均匀背景添加地质结构，选定菜单选择Edit Model | Edit Model Section | Inversion Resistivity（编辑模拟|编辑模拟断面|反演电阻率）。SCS2D将提示新电阻率值。输入一个数值后并点击OK，将在窗口顶部看到一个文本提示“Draw polygon around area to be updated, marking each corner with a mouse click”。（围绕欲更新区域画多边形用鼠标点击标记每一拐角）。鼠标左键每点击一次，SCS2D都会在最接近的模拟像素拐角上敷设一个多边形点。一旦借助点击原始多边形拐角点，封闭了多边形，SCS2D将在多边形内部以特定电阻率值填满模拟像素。



产生了特定地质结构之后，退出Edit Model（编辑模拟）菜单并选择2DNS反演，计算模型的地球物理响应。最大重复数限制为0，RSCS2D将进行一次正演模拟计算，然后将程序控制返回到SCS2D不改变任何反演模拟电阻率。因为*.mtd文件拥有数字CSV数据表格式，可在Excel或使用通用的成图程序的图示结果中浏览评价其结果。计算的视电阻率和阻抗相位值处于*.mtd的ARTMmod, ZPTMmod, ARTEmod and ZPTEmod,各列中，这里AR表示视电阻率，ZP表示阻抗相位，而TM和TE分别被定义为横向磁场（沿走向磁场）和横向电场（沿走向电极）极化。也可以通过复制ARTMmod, ZPTMmod, ARTEmod and ZPTEmod,数列，利用Excel产生一个综合性的观测数据文件。然后SCS2D可以阅读综合数据，建立新反演模拟而完整的反演将显示RSCS2D对原始地质结构图像吻合得何等的好。

参考文献

- Anderson, W., 1974, Electromagnetic fields about a finite electrical wire source: USGS, NTIS report # PB 238 199.
- Coggon, J.H., 1971, Electromagnetic and electrical modeling by the finite element method: Geophysics, v36, p132-155.
- Constable, S.C., Parker, R.L., and Constable, C.G., 1987, Occam's inversion: a practical algorithm for generating smooth models from EM sounding data: Geophysics, v52, p289-300.
- Dennis and Schnabel, 1983, Numerical methods for unconstrained optimization and nonlinear equations, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- MacInnes, S., 1988, Lateral effects in controlled source audiomagnetotellurics: unpublished PhD dissertation, University of Arizona, Tucson, Arizona.
- Menke, W., 1984, Geophysical data analysis, discrete inverse theory, Academic Press, Orlando, Florida.
- Nabighian, M., editor, 1987, Electromagnetic methods in applied geophysics, volume 1, theory, SEG, Tulsa, Oklahoma.
- Rodi, W.L., 1976, A technique for improving the accuracy of finite element solutions for magnetotelluric data, Geophys. J. R. astr. Soc., v44, p483-506.
- Tarantola, A., 1987, Inverse problem theory, methods for data fitting and model parameter estimation, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Tarantola, A., and Valette, B., 1982, Generalized nonlinear inverse problems solved using the least squares criterion: Reviews of Geophysics and Space Physics, v20, p219-232.
- Twomey, 1979, Introduction to the mathematics of inversion in remote sensing and indirect measurements, 2nd ed.: Elsevier Scientific Publishing Co., New York.
- Uchita, T., 1993, Smooth 2D inversion for magnetotelluric data based on statistical criterion ABIC, Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, v45, p841-858.
- Wait, J.R., 1961, The electromagnetic fields of a horizontal dipole in the presence of a conducting half-space: Can. J. Phys., v39, p1017-1028.

Wannamaker, P.E., Stodt, J.A., Rijo, L., 1986, Two-dimensional topographic responses in magnetotellurics modeled using finite elements, *Geophysics*, v51, p2131-2144.

Wannamaker, P.E., Stodt, J.A., and Rijo, L., 1987, PW2D, Finite element program for solution of magnetotelluric responses of two-dimensional earth resistivity structure, Univ. of Utah Research Inst, Earth Science Lab Report, ESL-158.

Wannamaker, P.E. and Stodt, J.A., 1987, A stable finite element solution for two-dimensional magnetotelluric modeling, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, v88, p277-296.

附录 A：数据文件格式文件

*.MDE 文件格式（测线注释，测量配置和数据处理）

.MDE文件保存图示注释和Zonge数据处理控制信息。.MDE文件由一线或多线组成，每线以首列中的\$开头。选择性的继续以程序名称和冒号“：”，模式关键词用等号=跟随，然后指定可变数值，空白可被包含于模式线的元素之间。数值中的空白作为文本定义，将被包含于文本串中。

SCS2DEMO.MDE部分清单：

```
$ COMPANY=Zonge Engineering
$ CLIENT=Zonge Engineering
$ PROJECT=North Silverbell
$ JOBNUMB= 9309
$ JOBDATE=Nov 93
$ JOBLINE=28
$ BRGLINE=S80E
$ BRGBACK=N80W
$ UNITS= FEET
$ STNLO = -2.0
$ STNDELTA= 2.0
$ LBLFRST= -200.0
$ LBLDELTA= 200.0
$ TXTYPE= Bipole
$ TXLEN= 5000
$ TXBRG= S80E
$ TXCX =80700
$ TXCY =89200
$ RXLEN=200
```

STNLO, LBLFRST, STNDELTA 和 LBLDELTA可用于偏移和标定测点编号，将*.AVG和*.Z文件中所用数值移到某些其他测点编号系统。STNLO和LBLFRST可用于定义测点编号偏移。STNDELTA和LBLDELTA可用于标定测点编号增量。预置不产生测点编号偏移或标定。

STNLO——*.RAW、*.AVG和*.Z文件测点编号单元中的第一个测点编号

LBLFRST——已标定和已偏移测点编号单元中的第一个测点编号

STNDELTA——*.RAW、*.AVG和*.Z文件测点编号单元中的测点编号增量

LBLDELTA——已标定和已偏移测点编号单元中的测点编号增量

RxLEN或/和 ASPACE—用于在长度单位中调节预置测点增量

RxLEN=ASPACE—接受偶极长度（长度单位）

下列模式关键词被CSC2D用来预置可控源发射天线位置与定向。对张量测量，将有两个系列的发送天线模式。

LENDNITS——用于距离的长度单位（米、公里、英尺或千英尺）

TXTYPE——发送类型（双极、回线、天线）

TXLEN——发送双极长度或回线长度和宽度（长度单位）

TXBRG——发送天线以北?? 东格式表征的方位

TXCX——发送天线中心网格东坐标（长度单位）

TXCY——发送天线中心网格北坐标（长度单位）

当用MODSECT绘制平滑模拟断面图时，这些模式被用于控制图示注释，标定和着色。MODSECT文件名称包含每一模式关键词描述

\$ MODSECT: PLOT = Surfer

\$ MODSECT: LNUNITS = ft

\$ MODSECT: LNTITLE1 = North Silverbell Line 28

\$ MODSECT: LNTITLE2 = 2D Smooth-Model Inversion

\$ MODSECT: BRGLEFT= N80W

\$ MODSECT: BRGRIGHT= S80E

\$ MODSECT: TBTITLE1 = Zonge Engineering

\$ MODSECT: TBTITLE2 = 2D Smooth-Model Inversion of

\$ MODSECT: TBTITLE3 = Far-Field CSAMT Data

\$ MODSECT: TBTITLE4 = Scalar TM-Mode

\$ MODSECT: TBTITLE5 = Scalar Far-field CSAMT Data

\$ MODSECT: TBLABEL1 = AUTHOR

\$ MODSECT: TBLABEL2 = DRAWN

\$ MODSECT: TBLABEL3 = DATE

\$ MODSECT: TBLABEL4 = SCALE

\$ MODSECT: TBLABEL5 = REPORT

\$ MODSECT: TBLABEL6 = REF:

\$ MODSECT: TBTEXT1 = SCM

\$ MODSECT: TBTEXT2 = Zonge

\$ MODSECT: TBTEXT3 = 15/Oct/99

\$ MODSECT: TBTEXT4 = 1:12000

\$ MODSECT: TBTEXT5 = Job 9309

\$ MODSECT: TBTEXT6 = Job 9309

\$ MODSECT: TBTEXT7 = Figure 1

\$ MODSECT: TBGLOSS01 = Transmitter Data:

\$ MODSECT: TBGLOSS02 = Length = 5000 ft

\$ MODSECT: TBGLOSS03 = Orient. = S80E

\$ MODSECT: TBGLOSS04 = Center at 80700E, 89200N

\$ MODSECT: TBGLOSS05 = Distance = 15840 ft

\$ MODSECT: TBGLOSS06 = Rx to Tx = North

\$ MODSECT: TBGLOSS07 = Receiver Data:

\$ MODSECT: TBGLOSS08 = Length = 200 ft

\$ MODSECT: TBGLOSS09 = Orient.= S80E

\$ MODSECT: TBGLOSS10 = ResSmth=1.0, ResdpW=0.1, ResdxW=1.0, Res

\$ MODSECT: XSCALE = 1.2000E+4 Horizontal scale (plot X-axis)

\$ MODSECT: YSCALE = 1.2000E+4 Vertical scale (plot Y-axis)

```

$ MODSECT: YSIZE = 14.00 Min plot height including margins (cm)
$ MODSECT: StnLeft = -300. First station on left edge of plot
$ MODSECT: StnRight = 7700. Last station on right edge of plot
$ MODSECT: StnDec = 0 # station-number decimals (0 to 3)
$ MODSECT: StnInc = 200.00 Station interval (stn #)
$ MODSECT: ElvMin = 1000.00 Minimum elevation (plot Y-axis)
$ MODSECT: ElvMax = 3000.00 Maximum elevation (plot Y-axis)
$ MODSECT: ElvInc = 200.00 Elevation tick interval
$ MODSECT: TOPO = YES Draw line along topographic surface?
$ MODSECT: CNTVAR = Resistivity Contour variable (resistivity or IP)
$ MODSECT: CRMIN = 1.50 Res contour color minimum (log10(ohm-m))
$ MODSECT: CRMAX = 3.00 Res contour color maximum (log10(ohm-m))
$ MODSECT: CRINC = 0.10 Res contour interval (log10(ohm-m))
$ MODSECT: CRDEC = 0 # res-contour-label decimals (0 to 3)
$ MODSECT: RScutoff = 1.00 Resistivity-sensitivity cutoff (percent)

```

*.STN 文件格式（测点位置与高度）

.STN文件以表列格式保存有关测点位置的信息。相对于第一个与最后一个测点，.STN至少有两个输入。为了勾画地形变化及弯曲测线，附加输入可能是必要的。SCS2D设定，测点编号代表了沿测线距离，并且如果必要可用测点编号在坐标记录之间进行内插。如果测点编号通过输入到*.MDE已做了标定和偏移，*.STN文件测点编号应在*.MDELBLFRST和LBLDELTA所定义的已标定和已偏移单元之中，不是STNBEG，STNDELTA所定义的未标定和未偏移单元。左调以“！”“\”或“ ”号开始的指令线，可以包含*.STN文件注释

SCS2DEMO.STN部分清单：

```

“Stn” “GridE” “GridN” “Elev”
-800 71899 73439 2465
-600 72096 73407 2465
-400 72293 73375 2460
-200 72490 73343 2475
0 72687 73311 2490
200 72885 73279 2495
400 73082 73246 2505
600 73280 73214 2505
800 73477 73182 2510
1000 73674 73149 2520
1200 73872 73117 2525
1400 74069 73085 2525
. . . .
. . . .
. . . .
7200 79792 72147 2718

```

7400 79990 72115 2730
 7600 80187 72083 2760
 7800 80384 72051 2670
 8000 80581 72019 2680
 8200 80778 71987 2682

注意SCS2DEMO.STN中的地形剖面，在测线的各端点都向外扩展了几个测点间隔。地球物理数据的扩展，包括高度信息可改善地形模拟。某些网格坐标，如UTM坐标系，可以产生很大的坐标值。SCS2D用带6位有效数的浮点值贮存测点位置。为了用6位有效数精确表示，从大的坐标值中减去一个常数。可能是必要的。

*.STN列的定义

Stn——测点编号。正比于沿测线距离

Grde——网格东（长度单位。在*.MTM文件中指定）

Gridn——网格北（长度单位）

Elev——高度或RL（长度单位）

*.AVG 文件格式（由 AMTAVG 或 NSAVG 平均的 GDPCSMT 或 AMT 数据）

SCS2D阅读由Zonge数据处理程序AMTAVG产生的*.AVG文件。*.AVG文件包含GDP重复读数的平均数据以及由重复读数间差异所评估的测量误差。
 SCS2DEMO.AVG文件的部分表格：

```
\ AMTAVG 7.20: "L28.FLD", Dated 93-11-17, Processed 19 Nov 93
\ $ ASPACE= 200.ft
\ $ XMTR = 1.
\ ASTATIC v2.01 added TMARES/SRES column on 05/24/96
\ 5-point TMA Filter at 4096 hertz
skp Station Freq Comp Amps Emag Ephz Hmag Hphz Resistivity Phase %Emag sEphz %Hmag sHphz %Rho sPhz TMARES/SRES
2 0. 8192 ExHy 7. 7.1637e+3 -2555.4 2.6594e+0 3089.1 1.7716e+2 638.6 0.4 4.4 0.1 10.1 0.9 7.2 1.6584E+2
2 0. 4096 ExHy 11. 6.6556e+3 -1749.9 3.5677e+0 -2371.4 1.6993e+2 621.6 0.1 1.8 0.8 8.3 0.8 9.9 1.5907E+2
2 0. 2048 ExHy 16. 6.8889e+3 -1180.6 4.9804e+0 -1780.0 1.8684e+2 599.4 0.3 2.5 0.2 3.1 0.3 3.3 1.7490E+2
2 0. 1024 ExHy 20. 7.2575e+3 -795.0 6.9107e+0 -1365.8 2.1540e+2 570.8 0.2 2.0 0.2 2.4 0.7 6.0 2.0164E+2
2 0. 512 ExHy 22. 7.6680e+3 -608.6 9.5484e+0 -1141.3 2.5192e+2 532.7 0.7 7.2 0.1 1.6 1.2 8.6 2.3582E+2
2 0. 256 ExHy 22. 8.5168e+3 -450.5 1.3391e+1 -1021.6 3.1604e+2 571.1 0.2 1.5 0.4 4.9 0.6 6.4 2.9585E+2
2 0. 128 ExHy 22. 8.5507e+3 -1113.6 2.2357e+1 -1091.8 2.2856e+2 -21.8 0.3 2.4 0.5 3.3 0.5 1.1 2.1396E+2
2 0. 64 ExHy 22. 2.4669e+4 -950.4 4.0949e+1 -769.0 1.1341e+3 -181.4 0.1 1.1 0.4 3.9 0.8 1.5 1.0616E+3
2 0. 32 ExHy 22. 3.6149e+4 -357.9 5.3420e+1 -291.1 2.8619e+3 -66.8 0.1 0.9 0.4 4.3 0.6 2.9 2.6790E+3
2 2. 8192 ExHy 7. 6.4907e+3 -2597.9 2.6594e+0 3089.1 1.4544e+2 596.1 0.3 4.0 0.1 10.1 0.9 7.4 1.5724E+2
2 2. 4096 ExHy 11. 6.1855e+3 -1740.7 3.5677e+0 -2371.4 1.4677e+2 630.8 0.0 0.9 0.8 8.3 0.6 8.4 1.5867E+2
2 2. 2048 ExHy 16. 6.3995e+3 -1155.5 4.9804e+0 -1780.0 1.6124e+2 624.4 0.2 1.7 0.2 3.1 0.3 3.0 1.7432E+2
2 2. 1024 ExHy 20. 6.6290e+3 -759.6 6.9107e+0 -1365.8 1.7971e+2 606.2 0.1 1.1 0.2 2.4 0.5 4.4 1.9428E+2
2 2. 512 ExHy 22. 6.8992e+3 -571.8 9.5484e+0 -1141.3 2.0394e+2 569.5 0.4 4.8 0.1 1.6 0.7 5.1 2.2048E+2
2 2. 256 ExHy 22. 7.4206e+3 -413.4 1.3391e+1 -1021.6 2.3992e+2 608.2 0.2 1.3 0.4 4.9 0.6 6.5 2.5938E+2
2 2. 128 ExHy 22. 7.3464e+3 -1077.4 2.2357e+1 -1091.8 1.6871e+2 14.5 0.3 3.3 0.5 3.3 0.6 0.2 1.8239E+2
2 2. 64 ExHy 22. 2.0806e+4 -925.6 4.0949e+1 -769.0 8.0672e+2 -156.6 0.1 1.1 0.4 3.9 0.8 1.5 8.7214E+2
2 2. 32 ExHy 22. 3.0245e+4 -345.0 5.3420e+1 -291.1 2.0034e+3 -53.8 0.1 0.8 0.4 4.3 0.6 2.8 2.1659E+3
2 4. 8192 ExHy 7. 6.5220e+3 -2632.8 2.6594e+0 3089.1 1.4684e+2 561.2 0.3 3.9 0.1 10.1 0.9 7.4 1.5280E+2
2 4. 4096 ExHy 11. 6.2180e+3 -1734.0 3.5677e+0 -2371.4 1.4832e+2 637.4 0.0 0.6 0.8 8.3 0.6 7.9 1.5434E+2
2 4. 2048 ExHy 16. 6.3449e+3 -1132.1 4.9804e+0 -1780.0 1.5850e+2 647.8 0.1 1.2 0.2 3.1 0.3 2.7 1.6493E+2
2 4. 1024 ExHy 20. 6.4338e+3 -728.9 6.9107e+0 -1365.8 1.6928e+2 636.9 0.1 0.7 0.2 2.4 0.4 3.8 1.7615E+2
2 4. 512 ExHy 22. 6.5959e+3 -543.1 9.5484e+0 -1141.3 1.8640e+2 598.2 0.3 3.8 0.1 1.6 0.5 3.7 1.9397E+2
2 4. 256 ExHy 22. 6.9569e+3 -387.4 1.3391e+1 -1021.6 2.1087e+2 634.2 0.1 1.3 0.4 4.9 0.6 6.7 2.1943E+2
2 4. 128 ExHy 22. 6.9105e+3 -1043.6 2.2357e+1 -1091.8 1.4929e+2 48.2 0.4 4.4 0.5 3.3 0.7 1.8 1.5535E+2
2 4. 64 ExHy 22. 1.8971e+4 -894.2 4.0949e+1 -769.0 6.7075e+2 -125.2 0.1 1.1 0.4 3.9 0.8 1.5 6.9798E+2
```

左调以“\” “/” “!” 或“ ”领先并可置于AVG文件内部任何位置的指令线。

数据处理模式线的第1列中的“\$”开头，也可存在于任何位置并用于后读数据。列标记线必须领先于数字数据，数值是各列被空白或逗号分隔的自由格式。遗漏数值用“*”标记。从文件—文件，列序是不固定的。并且在部分文件中并非所有列都存在。

CSAMT*.AVG文件列的定义:

SKP——跳行符号, 2=好数据、1=坏数据、0=很差的数据

Station——未标定及未偏移单元之中的接收测点编号

Comp——观测的E和H场分量对 ($E_x H_y$ =TM模式或 $E_y H_x$ =TE模式)

Amps——峰—峰方波电流= $\pi/4$ *傅立叶分量电流 (安)

Freq——测量频率 (Hz)

Emag——电场振幅 ($\text{uV}/(\text{km}\cdot\text{amp})=\text{nV}/(\text{m}\cdot\text{amp})$)

Ephz——电场相位 (毫弧度)

Hmag-磁场振幅 (nt/A)

Hphz——磁场相位（毫弧度）

Resistivity—Cagniard电阻率 (Ωm)

Phase——阻抗相位=相位 (E/H) (毫弧度)

%Emag——E—场振幅误差=100*标准离差 (Emag) /Emag (百分数)

sEphz——E一场相位误差=100*Ephz的标准离差（毫弧度）

sHphz——H—场相位误差=100*Hphz的标准离差（毫弧度）

%Hmag——H—场振幅误差=100*H标准离差 (Hmag) /Hmag (百分数)

%Rh0——视电阻率误差=100*标准离差 (Rh0) /Rh0 (百分数)

sPnz——阻抗相位误差=标准离差（毫弧度）

TMARES/SRES——静态校正视电阻率 (Ωm) (由ASTMTIC附加)

*.Z 文件——用 ZPLOT 绘制 CSAMT 模拟断面图示

.Z文件用于存储多个数据块（SKP x, y, z）中的图示文件数据，数值是以固定格式存储的，所以列的位置很重要，数字栏宽度用“IxYz”记录领先于数字数据表示。“IxYz”文字串标记数字的数据块（SKP x, y, z）的开始，而数值9999.0标记数据块结束。对SCS2D输入.Z文件应有相匹配的视电阻率和阻抗相位数据块。视电阻率可以是未校正的，静态校正的或经过滤波的。

SCS2DEMO. Z部分表格:

```
$ ZPLOT: DATA = FLOG
```

\$ \text{ASPACE} = 200 \text{ ft}

Contour Plot Z-File

Cl Cn Ce Ns Nd Yl Plot file 1

1 5 0 3 1 1

CSAMT SURVEY DATA

STATIC-CORRECTED APP. RES.

5-point TMA Filter at 4096 hertz

ASTATIC v2.01a 05/24/96

IIxxxxxxxxYYYYYYYzzzzzzzzzzzzzz

2 -2. 14.000 2.832E+3

```

2 -2. 15.000 1.113E+3
2 -2. 16.000 2.168E+2
2 -2. 17.000 2.999E+2
2 -2. 18.000 2.307E+2
2 -2. 19.000 1.941E+2
2 -2. 20.000 1.666E+2
2 -2. 21.000 1.567E+2
2 -2. 22.000 1.772E+2
2 0. 14.000 2.679E+3
2 0. 15.000 1.062E+3
. . . .
. . . .
. . . .
2 76. 20.000 2.448E+2
2 76. 21.000 2.387E+2
2 76. 22.000 2.530E+2
9999.00
C1 Cn Ce Ns Nd Y1 Plot file 2
0 10 3 3 0 1
CSAMT SURVEY DATA
IMPEDANCE PHASE
values in milliradians
IIxxxxxxxxxYYYYYYYzzzzzzzzzzzzzz
2 -2. 14.000 -7.650E+1
2 -2. 15.000 -1.974E+2
2 -2. 16.000 -3.920E+1
. . . .
. . . .
. . . .
2 76. 20.000 6.787E+2
2 76. 21.000 6.589E+2
2 76. 22.000 6.129E+2
9999.00
样本*.Z文件线的描述
$ZPLOT: DATA=FLOG—模式线y值数据类型。(log频率)
$ASPACE=200英尺—接收偶极长度
AMTAVG7.20——产生此文件的程序名称和版本
C1 Cn Ce Ns Nd Y1——整数等值线控制符号标记
C1——等值线类型标记。0=线性
    1=对数
    2拟断面—对数：拟断面—对数等值线=利用log10（绝对值）
        分别绘制正和负值等值线，再加零等值线
Cn——每一间隔等值线数量标记
Ce——等值线间隔指数标记，间隔=10Ce。

```


Ns——传送数值时，有效数字数量标记
 数值：-1、3、4、5、（-1=小数值自由格式）

Nd-小数点后数字位数标记

Y1——垂直轴标记0=无
 1=对数频率轴
 2=线性
 3=线性深度

1 5 0 3 1 1——等值线控制的整数值
 1——C1值=>对数等值线
 5——Cn值=>每一间隔5条等值线
 0——Ce值=>间隔=10<=>Ce
 3——Ns值=>利用三个有效数构造等值线
 1——Nd值=>图示到小数点后1位
 1——Y1值=>对数频率轴

CSAMT SURVEY DATA——对此图示文件的数据描述。可用2—6条线

CAGNIARD APP RES 列1不被ZPLOT阅读

Values in ohm-m ZPLOT作为标题图示这些线

Data from ASTDEMO.AVG（数值取自SATDEMO.AVG）

IIxxxxxxxxYYYYYYYzzzzzzzzzzzz——数据跟随的标题线

II - skip flag field:（跳行符号栏）
 0=跳过此线数据
 1=省略等值线，但传送已加括号的数据
 2=用于绘制等值线并传送数值（最一般的情况）
 3=在X坐标X轴下方图示符号标记点或测点
 4=用于绘制等值线，传送符号但不传送数值。为改善网格在图示底部应用内插值的场合下，用作深度图示。
 5=用于调节图示界限，但不做等值线或传送。用于深度图示，调节零深度还用于提供数据周围边界值，以便做平面图示

xxxxxxxx - x值栏，通常是未标定和未偏移测点编号

YYYYYYY - y值栏，对CSAMT $y = \log_2(\text{频率}) - 9$ ，跳行=3时，不应用

zzzzzzzzzzzz - z值栏，跳行符号=1, 2或4时，被图示于(x, y)上

AAA——注释栏，跳行符号=1或2时，ZPLOT传送AAA列中的任何符号而不是图示Z值。当跳行符号=3时，ZPLOT在X坐标X轴下方图示一个符号作为列AAA中的一个整数。零或正整数归属于PLOT手册表1中的符号。负整数为属于CTOP0手册中的地形符号。

9999.0——（Stnx, y, z）数据块的结束标记

附录 B: SCS2D 文件格式文件

*.MTM 文件格式（测量配置，反演控制和模拟断面）

*.MTM文件以保存测量配置和反演控制参数的fortran名称清单块开始，继之以描述模拟断面的列表数字断面。左调以“！”“/”“\”或“‘“开始，可置于名称表前或后任何位置但不在名称表块中的指令线。

SCS2DEMO.MTM部分表格：

```
"Model updated by RSCS2D v2.10f Date:19/04/99 Time:08:40"
```

```
&SCS2D
```

```
Header(1)='North Silverbell Line 28',
```

```
Header(2)='for Zonge Engineering',
```

```
Header(3)='Data from scs2demo.avg',
```

```
StnBeg=-700.00, StnEnd=8100.00, StnPerDipole=200.00,
```

```
DpLength=200.0, LengthUnits='ft', DpAzimuth=100.0,
```

```
SurveyType='Scalar', TxType='Bipole',
```

```
TxLength(1)=5000., TxAzimuth(1)=100.0,
```

```
TxGridE(1)=80700.0, TxGridN(1)=89200.0,
```

```
NSweep=1, NResIter=16, ARerrFloor=5.0, ZPerrFloor=50.0,
```

```
UseTM=T, UseTE=F, FarFieldFloor=256.0,
```

```
ResSmth=1.000, ResdpW=0.100, ResdxW=1.000, ResdzW=1.000,
```

```
CRMIN=1.00, CRMAX=3.00, CRINC=0.10,
```

```
CWMIN=-2.00, CWMAX=2.00, CWINC=0.10,
```

```
CSMIN=-1.00, CSMAX=2.00, CSINC=0.10,
```

```
RMSdat=0.8018, RMSmod=0.7752,
```

```
/
```

```
"Stn", "GridE", "GridN", "Elev", "dpW", "dxW", "dzW", "Res0", "InvRes", "ResSn  
s"
```

```
-700., 71997.5, 73423., 2465., 3., 1., 1., 184.6, 111.7, 10.98,
```

```
-700., 71997.5, 73423., 2297.501, 3., 1., 1., 184.6, 153.1, 4.26,
```

```
-700., 71997.5, 73423., 2113.252, 3., 1., 1., 184.6, 226.1, 1.81,
```

```
-700., 71997.5, 73423., 1901.139, 3., 1., 1., 184.6, 308.3, 1.77,
```

```
-700., 71997.5, 73423., 1667.814, 3., 1., 1., 184.6, 371.4, 2.76,
```

```
-700., 71997.5, 73423., 1411.158, 3., 1., 1., 184.6, 371.4, 2.76,
```

```
-500., 72194.5, 73391., 2462.5, 1.5, 1., 1., 184.6, 121.2, 18.63,
```

```
-500., 72194.5, 73391., 2297.515, 1.5, 1., 1., 184.6, 184.7, 5.25,
```

```
-500., 72194.5, 73391., 2116.032, 1.5, 1., 1., 184.6, 263.6, 3.46,
```

```
-500., 72194.5, 73391., 1903.919, 1.5, 1., 1., 184.6, 336.9, 2.23,
```

```
. . . . .
```

```
. . . . .
```

.

7900., 80482. 5, 72035., 1894. 154, 3., 1., 1., 184. 6, 256. 0, 3. 23,
7900., 80482. 5, 72035., 1637. 498, 3., 1., 1., 184. 6, 256. 0, 3. 23,
8100., 80679. 5, 72003., 2681., 3., 1., 1., 184. 6, 175. 6, 13. 61,
8100., 80679. 5, 72003., 2517. 796, 3., 1., 1., 184. 6, 231. 8, 5. 23,
8100., 80679. 5, 72003., 2338. 272, 3., 1., 1., 184. 6, 262. 7, 2. 29,
8100., 80679. 5, 72003., 2126. 159, 3., 1., 1., 184. 6, 264. 3, 2. 15,
8100., 80679. 5, 72003., 1892. 834, 3., 1., 1., 184. 6, 256. 0, 3. 23,
8100., 80679. 5, 72003., 1636. 178, 3., 1., 1., 184. 6, 256. 0, 3. 23,

SCS2D *.MTM文件fortran名称表块变量:

Header (1: 4) ——高达4线的自由格式文本描述模式

StnBeg——包含在反演图块中的第一测点

StnEnd——包含在反演图块中的最后测点

StnperDipole——测点编号中的TM模式偶极长度

Dplength——TM模式偶极长度 (长度单位)

DpAZimuth——偶极方位 (网格北的东偏角)

Lengthunits——字符、距离单位 (米、公里、英尺或千英尺)

Survey Type——字符“标量”“矢量”或“张量”

TxType——字符“天然”“双极”或“回线”

TXLength (1: 2) ——发射双极长度或回线宽度 (长度单位)

TXGridE (1: 2) ——Tx中心网格东坐标 (长度单位)

TXGridN (1: 2) ——Tx中心网格北坐标 (长度单位)

NSweep——共轭梯度重复数 (1——16)

NReslter——反演重复数 (0——32)

ARerrFoor——最小视电阻率误差 (百分数)

ZperrFoor——最小阻抗相位误差 (毫弧度)

UseTM——对数, T=反演中利用TM模式数据 (T或F)

UseTE——对数, T=反演中利用TE模式数据 (T或F)

FarFieldFloor——最低远场频率 (Hz)

ResSmth——总体模拟约束权 (0.01——100)

ResdpW——背景模拟断面的相对权 (0.01——100)

ResdxW——水平平滑度约束相对权 (0.01——100)

ResdzW——垂直平滑度约束相对权 (0.01——100)

CRMIN——电阻率着色最小值 ($\log_{10}(\Omega_m)$)

CRMAX——电阻率着色最大值 ($\log_{10}(\Omega_m)$)

CRINC——电阻率等值线增量 ($\log_{10}(\Omega_m)$)

CWMIN——约束权着色最小值 (无单位)

CWMAX——约束权着色最大值 (无单位)

CSMIN——规一化灵敏度着色最小值 (百分数)

CSMAX——规一化灵敏度着色最大值 (百分数)

CSINC——规一化等值线增量 (百分数)

RMSdat——均方根 (观测——计算数据)

RMSmod——均方根 (模拟约束)

——名称表输入块结束标记

SCS2D*.MTM列变量:

- 列1——“Stn”——模拟像素左边界测点编号
- 列2——“GridE”——模拟像素左边界测点网格东（长度单位）
- 列3——“GridN”——模拟像素左边界测点网格北（长度单位）
- 列4——“Elev”——像素边界的测点高度或RL（+向上，长度单位）
- 列5——“dpW”——模拟像素背景约束权
- 列6——“dxW”——像素—像素水平梯度约束权
- 列7——“dzW”——像素—像素垂直梯度约束权
- 列8——“Res0”——背景模拟像素电阻率（ Ωm ）
- 列9——“InvRes”——反演模拟像素电阻率（ Ωm ）
- 列10——“ResSns”——像素灵敏度（百分数）

*.MTD 文件格式（观测与计算视电阻率和阻抗相位数据）

*MTD文件以列标记线开始，继之以保存观测与计算数据的表列断面。编号用逗号分隔，遗漏数据在行中用双逗号表示。低于远场最低频率的近场数据，包含于MTD文件之中，但SCS2DV2.16不计算其模拟响应值。左调以“!” “/” “\” 或“‘”开始可置于文件中任何位置的指令线。加上5000作为相关误差值的观测数据会被跳过。

SCS2DEMO.MTD部分表格:

```
"Stn", "GridE", "GridN", "Elev", "Freq", "ARTMobs", "ARTMerr", "ZPTMobs", "ZPTMerr", "ARTEobs",
"ARTEerr", "ZPTEobs", "ZPTEerr", "ARTMmod", "ZPTMmod", "ARTEmod", "ZPTEmod"
"Modeling results updated by RSCS2D v2.00f Date:19/04/99 Time:10:06"
"From S2D2D v2.00f Date:19/04/99 Time:10:02:56"
-200., 72490., 73343., 2475., 32.00, 2831.1, 0.6, -76.5, 3.0, , , , , , ,
-200., 72490., 73343., 2475., 64.00, 1112.5, 0.8, -197.4, 1.7, , , , , , ,
-200., 72490., 73343., 2475., 128.0, 216.76, 0.5, -39.2, 1.0, , , , , , ,
-200., 72490., 73343., 2475., 256.0, 299.77, 1.0, 556.2, 6.4, , , , , 300.00, 602.0
, , ,
-200., 72490., 73343., 2475., 512.0, 230.59, 1.6, 519.1, 12.4, , , , , 250.57, 594.
5, , ,
-200., 72490., 73343., 2475., 1024., 194.02, 1.0, 568.3, 6.0, , , , , 208.71, 605.0
, , ,
-200., 72490., 73343., 2475., 2048., 166.51, 1.0, 620.3, 3.9, , , , , 176.54, 629.5
, , ,
-200., 72490., 73343., 2475., 4096., 156.64, 1.0, 676.2, 9.9, , , , , 154.88, 660.9
, , ,
-200., 72490., 73343., 2475., 8192., 177.09, 1.0, 662.6, 7.3, , , , , 142.12, 704.5
, , ,
0., 72687.25, 73311., 2487.5, 32.00, 2861.9, 0.6, -66.8, 2.9, , , , , , ,
0., 72687.25, 73311., 2487.5, 64.00, 1134.1, 0.8, -181.4, 1.5, , , , , , ,
0., 72687.25, 73311., 2487.5, 128.0, 228.56, 0.5, -21.8, 1.1, , , , , , ,
```

0., 72687.25, 73311., 2487.5, 256.0, 316.04, 1.0, 571.1, 6.4, , , , 327.17, 602.3
 , , ,
 0., 72687.25, 73311., 2487.5, 512.0, 251.92, 1.2, 532.7, 8.6, , , , 273.56, 593.2
 , , ,

.

*. MTD文件列的定义

- 列1——“Stn”——测点编号
- 列2——“GridE”——测点网格东（长度单位）
- 列3——“GridN”——测点网格北（长度单位）
- 列4——“Elev”——点高度或RL（+向上，长度单位）
- 列5——“Freq”——频率（Hz）
- 列6——“ARTMobs”——TM模式观测视电阻率（ Ω_m ）
- 列7——“ARTMerr”——TM视电阻率误差（百分数）
- 列8——“ZPTMobs”——TM模式观测阻抗相位（毫弧度）
- 列9——“ZPTMerr”——TM阻抗相位误差（毫弧度）
- 列10——“ARTEobs”——TE模式观测视电阻率（ Ω_m ）
- 列11——“ARTEerr”——TE视电阻率误差（百分数）
- 列12——“ZPTEobs”——TE模式观测阻抗相位（毫弧度）
- 列13——“ZPTEerr”——TE阻抗相位误差（毫弧度）
- 列14——“ARTMmod”——TM计算视电阻率（ Ω_m ）
- 列15——“ZPTMmod”——TM计算阻抗相位（毫弧度）
- 列16——“ARTEmod”——TE计算视电阻率（ Ω_m ）
- 列17——“ZPTEmod”——TE计算阻抗相位（毫弧度）

观测数据加上5000作为相关误差值的观测数据是被跳过的，所以误差大于5000的数据，不会被用于RSCS1D或RSCS2D。

